

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-055343

(43)Date of publication of application : 20.02.2002

(51)Int.Cl.

G02F 1/1337

(21)Application number : 2001-038556

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 15.02.2001

(72)Inventor : KUBO MASUMI  
YAMAMOTO AKIHIRO  
FUJIOKA SHIYUGO  
MAEKAWA KAZUHIRO  
OCHI TAKASHI

(30)Priority

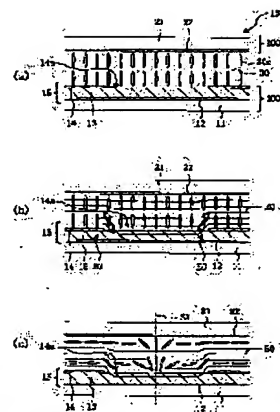
Priority number : 2000049495    Priority date : 25.02.2000    Priority country : JP  
2000161588    31.05.2000    JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display device with high display quality.

SOLUTION: The liquid crystal display device carries out a display by applying voltage to a liquid crystal layer, which is in a vertical alignment condition with no voltage application, with a first electrode and a second electrode. The first electrode has a lower conductive layer, a dielectric layer covering at least a part of the lower conductive layer 12 and an upper conductive layer 14 arranged on the liquid crystal layer side of the dielectric layer. The upper conductive layer has a first opening part. Furthermore, the lower conductive layer is arranged opposite to at least a part of the first opening part via the dielectric layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3600531

[Date of registration] 24.09.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st electrode which has the liquid crystal layer prepared between the 1st substrate, the 2nd substrate, and said 1st substrate and said 2nd substrate, and was prepared in said liquid crystal layer side of said 1st substrate, With the 2nd electrode which is prepared in said 2nd substrate and counters said 1st electrode through said liquid crystal layer It has two or more picture element fields where each is specified. Each liquid crystal layer in said two or more picture element fields An orientation condition is changed according to the electrical potential difference which took the vertical orientation condition when the electrical potential difference was not impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and was impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode. Said 1st electrode A lower layer conductive layer, Prepare said a part of lower layer conductive layer [ at least ] in said wrap dielectric layer and liquid crystal layer side of said dielectric layer, and it has the \*\*\*\* upper conductive layer. It is the liquid crystal display which said upper conductive layer has 1st at least one opening, and is formed so that said lower layer conductive layer may counter through said dielectric layer with said a part of 1st at least one opening [ at least ].

[Claim 2] Said lower layer conductive layer is a liquid crystal display according to claim 1 formed in the field including the field which counters said 1st at least one opening through said dielectric layer.

[Claim 3] Said 1st at least one opening is a liquid crystal display according to claim 1 or 2 which is a square.

[Claim 4] Said 1st at least one opening is a circular liquid crystal display according to claim 1 or 2.

[Claim 5] Said 1st at least one opening which said upper conductive layer has is a liquid crystal display given in either of claims 1-4 which are two or more 1st openings.

[Claim 6] Said two or more 1st openings which said upper conductive layer has are liquid crystal displays according to claim 5 arranged regularly.

[Claim 7] Said dielectric layer is a liquid crystal display given in either of claims 1-6 which have a crevice or a hole in said 1st at least one opening.

[Claim 8] Said lower layer conductive layer is a liquid crystal display given in either of claims 1-7 which has the 2nd opening in the field which counters said 1st opening.

[Claim 9] It is a liquid crystal display given in either of claims 1-8 either [ whose ] said upper conductive layer or said lower layer conductive layers are transparence conductive layers and whose another side is a reflective conductive layer.

[Claim 10] Said 1st at least one opening which said upper conductive layer has is a liquid crystal display given in either of claims 1-9 in which said liquid crystal layer in the field which are two or more 1st openings and counters said two or more 1st openings formed in said 1st electrode with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode forms two or more liquid crystal domains which take a radial dip orientation condition, respectively.

[Claim 11] Said 2nd substrate is a liquid crystal display according to claim 10 which has further the orientation regulation structure which discovers the orientation restraining force to which the field corresponding to at least one liquid crystal domain of two or more of said liquid crystal domains is made to carry out radial dip orientation of the liquid crystal molecule in said at least one liquid crystal domain

in an electrical-potential-difference impression condition at least.

[Claim 12] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display according to claim 11 formed in the field corresponding to near the center of said at least one liquid crystal domain.

[Claim 13] The orientation regulation direction according to said orientation regulation structure [ in said at least one liquid crystal domain ] is a liquid crystal display according to claim 11 or 12 adjusted with the direction of said radial dip orientation.

[Claim 14] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display given in either of claims 11-13 which discovers the orientation restraining force to which radial dip orientation of the liquid crystal molecule is carried out also in electrical-potential-difference the condition of not impressing.

[Claim 15] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display according to claim 14 which is the heights which projected to said liquid crystal layer side of said 2nd substrate.

[Claim 16] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display including the front face of the level stacking tendency prepared in said liquid crystal layer side of said 2nd substrate according to claim 14.

[Claim 17] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display given in either of claims 11-13 which discovers the orientation restraining force to which radial dip orientation of the liquid crystal molecule is carried out only in an electrical-potential-difference impression condition.

[Claim 18] Said orientation regulation structure is a liquid crystal display containing opening prepared in said 2nd electrode according to claim 17.

[Claim 19] It is a liquid crystal display given in either of claims 1-18 which has the polarizing plate of the prepared couple further so that it may counter mutually through said liquid crystal layer and by which the polarizing plate of said couple is arranged at the cross Nicol's prism condition.

[Claim 20] It is the liquid crystal display according to claim 19 with which it has the quadrant wavelength plate of the prepared couple further so that it may counter mutually through said liquid crystal layer, and each of the quadrant wavelength plate of said couple is arranged between said liquid crystal layers and each of the polarizing plate of said couple.

[Claim 21] It is the liquid crystal display according to claim 20 with which it has further  $1/2$  wavelength plate of the prepared couple so that it may counter mutually through said liquid crystal layer, and each of  $1/2$  wavelength plate of said couple is arranged between each of the polarizing plate of said couple, and each of the quadrant wavelength plate of said couple.

[Claim 22] The lagging axis of the quadrant wavelength plate of said couple is a liquid crystal display according to claim 20 or 21 arranged so that it may intersect perpendicularly mutually.

[Claim 23] The lagging axis of  $1/2$  wavelength plate of said couple is a liquid crystal display given in either of claims 20-22 which is arranged so that it may intersect perpendicularly mutually.

[Claim 24] Said each liquid crystal layer in said two or more picture element fields is a liquid crystal display given in either of claims 20-23 which whirl with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and take an orientation condition.

[Claim 25] Said each liquid crystal layer in said two or more picture element fields is a liquid crystal display including the minute field which takes the twist orientation condition of having met said liquid crystal layer with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode according to claim 24.

[Claim 26] It is a liquid crystal display given in either of claims 1-25 which are at least one counterelectrode with which it is the picture element electrode which said 1st substrate has further the active component prepared corresponding to each of two or more of said picture element fields, and said 1st electrode is prepared for said two or more picture element fields of every, and is switched by said active component, and said 2nd electrode counters said two or more picture element electrodes.

[Claim 27] The 1st electrode which has the liquid crystal layer prepared between the 1st substrate, the 2nd substrate, and said 1st substrate and said 2nd substrate, and was prepared in said liquid crystal layer side of said 1st substrate, With the 2nd electrode which is prepared in said 2nd substrate and

counters said 1st electrode through said liquid crystal layer, it has two or more picture element fields where each is specified. Said 1st electrode Prepare a part of lower layer conductive layer and said lower layer conductive layer [ at least ] in said wrap dielectric layer and liquid crystal layer side of said dielectric layer, have the \*\*\*\* upper conductive layer, and it sets to each of two or more of said picture element fields. Said upper conductive layer has two or more openings and solid sections. Said liquid crystal layer When a vertical orientation condition is taken when the electrical potential difference is not impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and an electrical potential difference is impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode By the slanting electric field generated by the edge section of two or more of said openings of said upper conductive layer The liquid crystal display which displays when each forms in two or more of said openings or said solid sections two or more liquid crystal domains which take a radial dip orientation condition and the orientation condition of two or more of said liquid crystal domains changes according to the impressed electrical potential difference.

[Claim 28] A part of [ at least ] openings of two or more of said openings are liquid crystal displays according to claim 27 which form at least one unit lattice arranged so that it may be an equal configuration, it may have equal magnitude substantially and it may have symmetry-of-revolution nature.

[Claim 29] Each configuration of a part of [ said / at least ] openings of two or more of said openings is a liquid crystal display according to claim 28 which has symmetry-of-revolution nature.

[Claim 30] Each of a part of [ said / at least ] openings of two or more of said openings is a liquid crystal display according to claim 28 or 29 which is an approximate circle form.

[Claim 31] It is a liquid crystal display given in either of claims 28-30 whose each of two or more of said unit solid sections said solid section has two or more unit solid sections in which each was substantially surrounded by a part of [ said / at least ] openings, and is an approximate circle form.

[Claim 32] Setting to each of two or more of said picture element fields, the sum total of the area of two or more of said openings of said 1st electrode is a liquid crystal display given in either smaller than the area of said solid section of said 1st electrode of claims 27-31.

[Claim 33] The side face of said heights is a liquid crystal display to a publication in either of claims 27-32 which has the orientation restraining force of the same direction as the orientation regulation direction the cross-section configuration of the field inboard of said 1st substrate of said heights is the same as the configuration of two or more of said openings, and according to said slanting electric field to the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer by having heights further inside [ each ] said two or more openings.

[Claim 34] It is a liquid crystal display given in either of claims 27-33 which are at least one counterelectrode with which it is the picture element electrode which said 1st substrate has further the active component prepared corresponding to each of two or more of said picture element fields, and said 1st electrode is prepared for said two or more picture element fields of every, and is switched by said active component, and said 2nd electrode counters said two or more picture element electrodes.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.



2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About a liquid crystal display, especially this invention has a property for a wide-field-of-view angle, and relates to the liquid crystal display which displays high display grace.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the liquid crystal display of a thin light weight is used as a display used for the display of a personal computer, or the display of a Personal Digital Assistant device. However, it has the fault that the conventional twist nematic mold (TN mold) and a super twist nematic mold (STN mold) liquid crystal display have a narrow angle of visibility, and various ED is performed in order to solve it.

[0003] There is a method which adds an optical compensating plate as a typical technique for improving the angle-of-visibility property of the liquid crystal display of TN mold or a STN mold. There is a horizontal electric-field method which impresses horizontal electric field to a liquid crystal layer to the front face of a substrate as other methods. The liquid crystal display of this horizontal electric-field method is fertilized in recent years, and attracts attention. Moreover, there is DAP (deformation of vertical aligned phase) using the vertical orientation film as orientation film using the nematic liquid crystal ingredient which has a negative dielectric constant anisotropy as a liquid crystal ingredient as other techniques. This is one of the armature-voltage control birefringence (ECB:electrically controlled birefringence) methods, and controls permeability using the birefringence of a liquid crystal molecule.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in a manufacture process, although a horizontal electric-field method is one of the effective methods as a wide-field-of-view cornification technique, since a production margin is remarkable and narrow compared with the usual TN mold, it has the problem that stable production is difficult. This needs the further ED, in order for the gap of the direction of a transparency shaft (polarization shaft) of a polarizing plate to the gap unevenness between substrates or the orientation shaft of a liquid crystal molecule to be for influencing display brightness and a contrast ratio greatly, to control these to high degree of accuracy and to perform stable production.

[0005] Moreover, in order for the liquid crystal display of a DAP method to perform the uniform display without display nonuniformity, it is necessary to perform orientation control. There is the approach of carrying out orientation processing by carrying out rubbing of the front face of the orientation film as the approach of orientation control. However, if rubbing processing is performed to the vertical orientation film, it is not [ that it is easy to generate a rubbing muscle in a display image ] suitable for mass production.

[0006] As an approach of on the other hand performing orientation control, without performing rubbing processing, slanting electric field are generated by forming a slit (opening) in an electrode, and the approach of controlling the direction of orientation of a liquid crystal molecule by the slanting electric field is also devised (for example, JP,6-301036,A). However, the invention-in-this-application person's examination showed that there was the following problem in this approach.

[0007] When the configuration which makes an electrode generate slanting electric field by forming a slit (opening) is adopted, sufficient electrical potential difference for the liquid crystal layer of the field corresponding to the slit formed in the electrode cannot be impressed, orientation of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer of the field corresponding to a slit cannot fully be controlled, but there is a problem that the loss of the permeability at the time of electrical-potential-difference

impression arises.

[0008] This invention was made in order to solve the above-mentioned problem, and it aims at offering the high liquid crystal display and its manufacture approach of display grace.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The 1st electrode which the liquid crystal display of this invention has the liquid crystal layer prepared between the 1st substrate, the 2nd substrate, and said 1st substrate and said 2nd substrate, and was prepared in said liquid crystal layer side of said 1st substrate. It has two or more picture element fields specified with the 2nd electrode which is prepared in said 2nd substrate and counters said 1st electrode through said liquid crystal layer. Each liquid crystal layer in said two or more picture element fields An orientation condition is changed according to the electrical potential difference which took the vertical orientation condition when the electrical potential difference was not impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and was impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode. Said 1st electrode A lower layer conductive layer, Prepare said a part of lower layer conductive layer [ at least ] in said wrap dielectric layer and liquid crystal layer side of said dielectric layer, and it has the \*\*\*\* upper conductive layer. Said upper conductive layer has 1st at least one opening, and said lower layer conductive layer is prepared so that it may counter through said dielectric layer with said a part of 1st at least one opening [ at least ], and the above-mentioned object is attained by that. The upper conductive layer which has the 1st opening generates slanting electric field in the edge section of the 1st opening, and it acts so that radial dip orientation of the liquid crystal molecule may be carried out. Moreover, since the electric field by the lower layer conductive layer are impressed to the field which counters the 1st opening, the orientation of the liquid crystal molecule located on the 1st opening is stabilized.

[0010] As for said lower layer conductive layer, it is desirable to be prepared in the field including the field which counters said 1st at least one opening through said dielectric layer. Electric field can be made to act effective in the liquid crystal layer located on the 1st opening.

[0011] Said 1st at least one opening may be a square, and may be circular.

[0012] As for said 1st at least one opening which said upper conductive layer has, it is desirable that they are two or more 1st openings. If the configuration which has two or more 1st openings is adopted, the whole picture element field can be covered and stable radial dip orientation can be made to form. Moreover, lowering of a speed of response can be controlled.

[0013] As for said two or more 1st openings which said upper conductive layer has, being arranged regularly is desirable. It is desirable to arrange said two or more 1st openings so that it may have symmetry-of-revolution nature especially.

[0014] Said dielectric layer is good in said 1st at least one opening also as a configuration which has a crevice or a hole. If the configuration which has a crevice or a hole is adopted as a dielectric layer, the voltage drop by the dielectric layer can be controlled. Moreover, the thickness of a liquid crystal layer can also be adjusted.

[0015] Said lower layer conductive layer is good also as a configuration which has the 2nd opening in the field which counters said 1st opening. The 2nd opening acts so that the core of the radial dip orientation of the liquid crystal layer in the 1st opening may be stabilized.

[0016] Either said upper conductive layer or said lower layer conductive layers are transparence conductive layers, and another side is good also as a configuration which is a reflective conductive layer. If the configuration which uses the upper conductive layer as a reflector and uses a lower layer conductive layer as a transparent electrode especially is adopted, it will become possible to optimize the display property of the transparent mode, and the display property in reflective mode, respectively.

[0017] Said 1st at least one opening which said upper conductive layer has is two or more 1st openings, and it is desirable to consider as the configuration said whose liquid crystal layer in the field which counters said two or more 1st openings formed in said 1st electrode with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode forms two or more liquid crystal

domains which take a radial dip orientation condition, respectively.

[0018] Said 2nd substrate is good also as a configuration which has further the orientation regulation structure which discovers the orientation restraining force to which the field corresponding to at least one liquid crystal domain of two or more of said liquid crystal domains is made to carry out radial dip orientation of the liquid crystal molecule in said at least one liquid crystal domain in an electrical-potential-difference impression condition at least.

[0019] As for said orientation regulation structure, it is desirable to be prepared in the field corresponding to near the center of said at least one liquid crystal domain.

[0020] As for the orientation regulation direction by said orientation regulation structure, it is [ / in said at least one liquid crystal domain ] desirable to have consistency with the direction of said radial dip orientation.

[0021] Said orientation regulation structure is good also in electrical-potential-difference the condition of not impressing, also as a configuration which discovers the orientation restraining force to which radial dip orientation of the liquid crystal molecule is carried out.

[0022] Said orientation regulation structure may be the heights which projected to said liquid crystal layer side of said 2nd substrate.

[0023] Said orientation regulation structure may be a configuration including the front face of the level stacking tendency prepared in said liquid crystal layer side of said 2nd substrate.

[0024] Said orientation regulation structure may be a configuration which discovers the orientation restraining force to which radial dip orientation of the liquid crystal molecule is carried out only in an electrical-potential-difference impression condition.

[0025] Said orientation regulation structure may be a configuration containing opening prepared in said 2nd electrode.

[0026] It has the polarizing plate of the prepared couple further so that it may counter mutually through said liquid crystal layer, and the polarizing plate of said couple is good also as a configuration arranged at a cross Nicol's prism condition.

[0027] It has the quadrant wavelength plate of the prepared couple further so that it may counter mutually through said liquid crystal layer, and as for each of the quadrant wavelength plate of said couple, it is desirable to consider as the configuration arranged between said liquid crystal layers and each of the polarizing plate of said couple.

[0028] 1/2 wavelength plate of the couple prepared so that it might counter mutually through said liquid crystal layer -- further -- having -- each of 1/2 wavelength plate of said couple -- the polarizing plate of said couple -- respectively -- \*\* -- the quadrant wavelength plate of said couple -- respectively -- \*\* -- considering as the configuration arranged in between is still more desirable.

[0029] As for the lagging axis of the quadrant wavelength plate of said couple, it is desirable to be arranged so that it may intersect perpendicularly mutually.

[0030] As for the lagging axis of 1/2 wavelength plate of said couple, it is desirable to be arranged so that it may intersect perpendicularly mutually.

[0031] As for said each liquid crystal layer in said two or more picture element fields, it is desirable to consider as the configuration which whirls with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and takes an orientation condition.

[0032] As for said each liquid crystal layer in said two or more picture element fields, it is still more desirable to include the minute field which takes a twist orientation condition along with said liquid crystal layer with the electrical potential difference impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode.

[0033] It is the picture element electrode which said 1st substrate has further the active component prepared corresponding to each of two or more of said picture element fields, and said 1st electrode is prepared for said two or more picture element fields of every, and is switched by said active component, and said 2nd electrode is good also as a configuration which is at least one counterelectrode which

counters said two or more picture element electrodes. A counterelectrode is a typically single electrode. [0034] The 1st electrode which other liquid crystal displays by this invention have the liquid crystal layer prepared between the 1st substrate, the 2nd substrate, and said 1st substrate and said 2nd substrate, and was prepared in said liquid crystal layer side of said 1st substrate, With the 2nd electrode which is prepared in said 2nd substrate and counters said 1st electrode through said liquid crystal layer, it has two or more picture element fields where each is specified. Said 1st electrode Prepare a part of lower layer conductive layer and said lower layer conductive layer [ at least ] in said wrap dielectric layer and liquid crystal layer side of said dielectric layer, have the \*\*\*\* upper conductive layer, and it sets to each of two or more of said picture element fields. Said upper conductive layer has two or more openings and solid sections. Said liquid crystal layer When a vertical orientation condition is taken when the electrical potential difference is not impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode, and an electrical potential difference is impressed between said 1st electrode and said 2nd electrode By the slanting electric field generated by the edge section of two or more of said openings of said upper conductive layer It has the configuration which displays when each forms in two or more of said openings or said solid sections two or more liquid crystal domains which take a radial dip orientation condition and the orientation condition of two or more of said liquid crystal domains changes according to the impressed electrical potential difference, and the above-mentioned object is attained by that.

[0035] As for a part of [ at least ] openings of two or more of said openings, it is desirable to form at least one unit lattice arranged so that it may be an equal configuration, it may have equal magnitude substantially and it may have symmetry-of-revolution nature.

[0036] As for each configuration of a part of [ said / at least ] openings of two or more of said openings, it is desirable to have symmetry-of-revolution nature.

[0037] Each of a part of [ said / at least ] openings of two or more of said openings may be an approximate circle form.

[0038] Said solid section may have two or more unit solid sections in which each was substantially surrounded by a part of [ said / at least ] openings, and each of two or more of said unit solid sections may be an approximate circle form.

[0039] As for the sum total of the area of two or more of said openings of said 1st electrode, in each of two or more of said picture element fields, it is desirable that it is smaller than the area of said solid section of said 1st electrode.

[0040] It has heights further inside [ each ] said two or more openings, and the cross-section configuration of the field inboard of said substrate of said heights is the same as the configuration of two or more of said openings, and the side face of said heights is good also as a configuration which has the orientation restraining force of the same direction as the orientation regulation direction by said slanting electric field to the liquid crystal molecule of said liquid crystal layer.

[0041] It is the picture element electrode which said 1st substrate has further the active component prepared corresponding to each of two or more of said picture element fields, and said 1st electrode is prepared for said two or more picture element fields of every, and is switched by said active component, and said 2nd electrode is good also as a configuration which is at least one counterelectrode which counters said two or more picture element electrodes. A counterelectrode is a typically single electrode.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained, referring to a drawing.

[0043] (Operation gestalt 1) The electrode structure which the liquid crystal display of this invention has, and its operation are explained first. Since it has the outstanding display property, the liquid crystal display by this invention is used suitable for an active matrix liquid crystal display. Below, the operation gestalt of this invention is explained about the active matrix liquid crystal display which used the thin film transistor (TFT). This invention is not restricted to this but can be applied to the active matrix liquid crystal display and simple matrix liquid crystal display using MIM. Moreover, below, although the

operation gestalt of this invention is explained to an example, this invention is not restricted to this but can apply a transparency mold liquid crystal display to a reflective mold liquid crystal display and the mold liquid crystal display both for transparency reflective mentioned further later.

[0044] In addition, in this application description, the field of the liquid crystal display corresponding to the "picture element" which is the smallest unit of a display is called a "picture element field." In a color liquid crystal display, the "picture element" of R, G, and B is equivalent to one a "pixel." The counterelectrode with which a picture element field counters with a picture element electrode and a picture element electrode in an active matrix liquid crystal display specifies a picture element field. Moreover, in a simple matrix liquid crystal display, each field where the line electrode prepared so that it may intersect perpendicularly with the train electrode and train electrode which are prepared in the shape of a stripe crosses mutually specifies a picture element field. In addition, in the configuration in which a black matrix is prepared, the field corresponding to opening of a black matrix will be equivalent to a picture element field among the fields where an electrical potential difference is strictly impressed according to the condition that it should display.

[0045] The cross section of one picture element field of the liquid crystal display 100 of the operation gestalt by this invention is typically shown in drawing 1. Below, a light filter and a black matrix are omitted for the simplicity of explanation. Moreover, in the following drawings, the same reference mark shows the component of a liquid crystal display 100, and the component which has the same function substantially, and the explanation is omitted. In addition, for intelligibility although [ drawing 1 ] one picture element field of a liquid crystal display 100 is shown, the liquid crystal display by this invention should just have the electrode configuration shown in drawing 1 in [ at least one ] one picture element field so that it may explain in full detail behind.

[0046] The liquid crystal display 100 has the liquid crystal layer 30 prepared between active-matrix substrate (it is called "TFT substrate" below.) 100a, opposite substrate (it is also called "light filter substrate") 100b, and TFT substrate 100a and opposite substrate 100b. Liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30 has a negative dielectric constant anisotropy, and by the vertical orientation layer (un-illustrating) prepared in the front face by the side of the liquid crystal layer 30 of TFT substrate 100a and opposite substrate 100b, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30, as shown in drawing 1 (a), it carries out orientation vertically to the front face of the vertical orientation film. At this time, it is said that the liquid crystal layer 30 is in a vertical orientation condition. However, liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30 in a vertical orientation condition may incline a little from the normal of the front face (front face of a substrate) of the vertical orientation film according to the class of vertical orientation film, or the class of liquid crystal ingredient. Generally, the condition that the liquid crystal molecule shaft (it is also called "axial bearing".) carried out orientation at the include angle of about 85 degrees or more is called a vertical orientation condition to the front face of the vertical orientation film.

[0047] TFT substrate 100a of a liquid crystal display 100 has the transparence substrate (for example, glass substrate) 11 and the picture element electrode 15 formed in the front face. Opposite substrate 100b has the transparence substrate (for example, glass substrate) 21 and the counterelectrode 22 formed in the front face. According to the electrical potential difference impressed to the picture element electrode 15 arranged so that it may counter mutually through the liquid crystal layer 30, and a counterelectrode 22, the orientation condition of the liquid crystal layer 30 for every picture element field changes. A display is performed with change of the orientation condition of the liquid crystal layer 30 using the phenomenon in which the polarization condition and amount of the light which penetrates the liquid crystal layer 30 change.

[0048] The picture element electrode 15 which a liquid crystal display 100 has forms a part of lower layer conductive layer 12 and lower layer conductive layer [ at least ] 12 in the wrap dielectric layer 13 and liquid crystal layer 30 side of a dielectric layer, and has the \*\*\*\* upper conductive layer 14. The lower layer conductive layer 12 is formed in the field including all the fields on the substrate 11 which

counters opening 14a in the liquid crystal display 100 shown in drawing 1 (area of area > opening 14a of the lower layer conductive layer 12).

[0049] In addition, the configuration of the picture element electrode 15 in the liquid crystal display of this operation gestalt is not restricted to the above-mentioned example, but may form the lower layer conductive layer 12 in the field on the substrate 11 which counters opening 14a like liquid crystal display 100' shown in drawing 2 (a) (area of the lower layer conductive layer 12 = area of opening 14a).

Moreover, the lower layer conductive layer 12 may be formed in the field on the liquid crystal display 100' substrate 11 which counters opening 14a like 'shown in drawing 2 (b) (area of area < opening 14a of the lower layer conductive layer 12). Namely, the lower layer conductive layer 12 should just be formed so that it may counter with a part of opening 14a [ at least ] through a dielectric layer 13. however, the inside of the flat surface which the lower layer conductive layer 12 looked at from [ of a substrate 11 ] the normal in the configuration ( drawing 2 (b)) formed in opening 14a -- both the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 -- although -- the field (clearance field) not existing exists and sufficient electrical potential difference for the liquid crystal layer 30 of the field which counters this clearance field may not be impressed Therefore, it is desirable to make narrow enough width of face (WS in drawing 2 (b)) of this clearance field so that the orientation of the liquid crystal layer 30 may be stabilized. As for WS, typically, it is desirable not to exceed about 4 micrometers.

[0050] In addition, the picture element electrode 15 equipped with the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 may be called a "two-layer structure electrode." A "lower layer" and the "upper layer" are the vocabulary used since the relative relation to the dielectric layer 13 of two electrodes 12 and 14 was expressed, and do not restrict the spatial arrangement at the time of the activity of a liquid crystal display. Furthermore, a "two-layer structure electrode" should just be the configuration of not eliminating the configuration which has electrodes other than lower layer conductive layer 12 and upper conductive layer 14, having the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 at least, and having the operation explained below. Moreover, a two-layer structure electrode does not need to be a picture element electrode in a TFT mold liquid crystal display, and if it has a two-layer structure electrode for every picture element field, it may be applied also to the liquid crystal display of other types. If the train electrode (signal electrode) in a simple matrix liquid crystal display has two-layer structure for every picture element field, specifically, the train electrode in a picture element field will function as a two-layer structure electrode.

[0051] Next, it explains, comparing with actuation of the liquid crystal display equipped with the electrode of other configurations of actuation of a liquid crystal display equipped with a two-layer structure electrode while referring to drawing 1 , drawing 3 , and drawing 4 .

[0052] First, actuation of a liquid crystal display 100 is explained, referring to drawing 1 .

[0053] Drawing 1 (a) shows typically the orientation condition (OFF condition) of liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal layer 30 to which the electrical potential difference is not impressed. Drawing 1 (b) shows typically the condition (ON initial state) that the orientation of liquid crystal molecule 30a began to change, according to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30. Drawing 1 R> 1 (c) shows typically the condition that the orientation of liquid crystal molecule 30a which changed according to the impressed electrical potential difference reached the steady state. Drawing 1 shows the example which impressed the same electrical potential difference to the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 which constitute the picture element electrode 15 for simplicity. The curve EQ in drawing 1 (b) and (c) shows the equipotential line EQ.

[0054] As shown in drawing 1 (a), when the picture element electrode 15 and a counterelectrode 22 are these potentials (condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30), orientation of the liquid crystal molecule 30a in a picture element field is vertically carried out to the front face of both the substrates 11 and 21.

[0055] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the electric potential gradient expressed with potential line EQ(it intersects perpendicularly with line of electric

force) EQ, such as having been shown in drawing 1 (b), will be formed. In the liquid crystal layer 30 located between the upper conductive layer 14 of the picture element electrode 15, and a counterelectrode 22, the uniform electric potential gradient expressed with the parallel equipotential line EQ to the front face of the upper conductive layer 14 and a counterelectrode 22 is formed. The electric potential gradient according to the potential difference of the lower layer conductive layer 12 and a counterelectrode 22 is formed in the liquid crystal layer 30 located on opening 14a of the upper conductive layer 14. Since the electric potential gradient formed in the liquid crystal layer 30 is influenced of the voltage drop (capacitive component rate) by the dielectric layer 13 at this time, the equipotential line EQ formed in the liquid crystal layer 30 falls in the field corresponding to opening 14a (a "trough" is formed in the equipotential line EQ). It is a field corresponding to opening 14a, and that a part of equipotential line EQ has invaded in a dielectric layer 13 means that the voltage drop (capacitive component rate) has arisen by the dielectric layer 13. Since the lower layer conductive layer 12 is formed in the field which counters opening 14a through a dielectric layer 13, the electric potential gradient expressed with the parallel equipotential line EQ to the field of the upper conductive layer 14 and a counterelectrode 22 is formed also in the liquid crystal layer 30 located on near the center of opening 14a ("bottom of a trough" of the equipotential line EQ). In the liquid crystal layer 30 on the edge section (inside circumference of opening 14a including the boundary (extension) of opening 14a) EG of opening 14a, the slanting electric field expressed with the potential line EQ, such as having inclined, are formed.

[0056] The torque which is going to carry out orientation of the axial bearing of liquid crystal molecule 30a to parallel (vertical to line of electric force) to the equipotential line EQ acts on liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric anisotropy. Therefore, as the arrow head showed in drawing 1 (b), in the right-hand side edge section EG in drawing, it carries out in the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a on the edge section EG inclines in the counter clockwise direction in the left-hand side edge section EG in drawing, respectively (revolution), and carries out orientation to the equipotential line EQ at parallel.

[0057] Here, change of the orientation of liquid crystal molecule 30a is explained to a detail, referring to drawing 5.

[0058] If electric field are generated by the liquid crystal layer 30, the torque which is going to carry out orientation of the axial bearing to parallel to the equipotential line EQ will act on liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric constant anisotropy. If the electric field expressed with the vertical equipotential line EQ to axial bearing of liquid crystal molecule 30a occur as shown in drawing 5 (a), it will act on liquid crystal molecule 30a by the probability for the torque which makes it incline in a clockwise rotation or the counter clockwise direction to be equal. Therefore, in the liquid crystal layer 30 in inter-electrode [ of the parallel plate mold arrangement which counters mutually ], liquid crystal molecule 30a which receives the torque of the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a which receives the torque of a direction counter clockwise are intermingled so that it may mention later, referring to drawing 3. Consequently, change in the orientation condition according to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 may not take place smoothly.

[0059] If the electric field (slanting electric field) expressed with the potential line EQ, such as having inclined to axial bearing of liquid crystal molecule 30a, in the edge section EG of opening 14a of the liquid crystal display 100 by this invention occur as shown in drawing 1 (b), as shown in drawing 5 (b), liquid crystal molecule 30a inclines in the direction (counter clockwise in the example of a graphic display) with few amounts of dip for become the equipotential line EQ and parallel. Moreover, as shown in drawing 5 (c), the liquid-crystal molecule 30 a located in the field which the electric field expressed with the perpendicular equipotential line EQ to axial bearing of liquid-crystal molecule 30a generate inclines in the same direction as the liquid-crystal molecule 30 a located on [ , such as having inclined, ] the potential line EQ so that the liquid-crystal molecule 30a and the orientation which are located on [ , such as having inclined, ] the potential line EQ may become continuously (it has consistency like). In



addition, the thing "which is located on the equipotential line EQ" and "which is located in the electric field expressed with the equipotential line EQ" is meant.

[0060] If change of the orientation which begins from liquid crystal molecule 30a located on [, such as having inclined, ] the potential line EQ progresses and a steady state is reached as mentioned above, it will be in the orientation condition typically shown in drawing 1 (c). Liquid crystal molecule 30a located near the center of opening 14a Since it is influenced almost equally of the orientation of liquid crystal molecule 30a of the edge section EG of the both sides which counter mutually [ opening 14a ]

Maintaining a vertical orientation condition to the equipotential line EQ, liquid crystal molecule 30a of a field which is distant from the center of opening 14a inclines in response to the effect of the orientation of liquid crystal molecule 30a of the edge section EG of the respectively nearer one, and forms symmetrical dip orientation about the core SA of opening 14a. This orientation condition is in the condition that axial bearing of liquid crystal molecule 30a carried out orientation to the radial about the core of opening 14a, seen from a direction (direction vertical to the front face of substrates 11 and 21) vertical to the screen of a liquid crystal display 100 (un-illustrating). Then, in this application description, such an orientation condition will be called "radial dip orientation."

[0061] In order to improve the viewing-angle dependency of a liquid crystal display in an omnidirection, it is desirable to have the symmetry-of-revolution nature centering on the shaft of the direction where the orientation of the liquid crystal molecule in each picture element field is vertical to the screen, and it is still more desirable to have axial symmetry nature. Therefore, as for opening 14a, it is desirable to be arranged so that the orientation of the liquid crystal layer 30 of a picture element field may have symmetry-of-revolution nature (or axial symmetry nature). When forming one opening 14a for every picture element field, it is desirable to prepare opening 14a in the center of a picture element field. Moreover, also as for the configuration (configuration in the stratification plane of the liquid crystal layer 30) of opening 14a, it is desirable to have symmetry-of-revolution nature (axial symmetry nature), and it is desirable. [ of regular polygons such as a square, or a circular thing ] About the arrangement in the case of forming two or more opening 14a in a picture element field, it mentions later.

[0062] Drawing 1 (a) As explained referring to - (c), the liquid crystal display 100 by this invention has the two-layer structure electrode 15 for every picture element field, and generates the electric field expressed with the potential line EQ, such as having the field which inclined in the liquid crystal layer 30 in a picture element field. Liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric anisotropy in the liquid crystal layer 30 which is in a vertical orientation condition at the time of no electrical-potential-difference impressing changes the direction of orientation by making into a trigger orientation change of liquid crystal molecule 30a located on [, such as having inclined, ] the potential line EQ, and forms stable radial dip orientation. of course -- drawing 2 -- (-- a --) -- and -- (-- b --) -- having been shown -- a liquid crystal display -- 100 -- ' -- and -- 100 -- ' -- ' -- the same -- operating . However, in the configuration of drawing 2 (b), when the clearance field WS becomes not much large, sufficient electrical potential difference for the edge section of opening 14a will not be impressed (if about 5 micrometers is exceeded), but it may become the field which does not contribute to a display.

[0063] Next, actuation of the conventional typical liquid crystal display 200 is explained, referring to drawing 3 . Drawing 3 (a) - (c) shows typically one picture element field of a liquid crystal display 200.

[0064] A liquid crystal display 200 has picture element electrode 15A and the counterelectrode 22 which have been arranged so that it may counter mutually. Picture element electrode 15A and a counterelectrode 22 are formed from the single conductive layer which all does not have opening 14a.

[0065] As shown in drawing 3 (a), when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30, as for the liquid crystal layer 30, a vertical orientation condition is taken.

[0066] As shown in drawing 3 (b), the electric field generated by impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 30 cover the whole picture element field, and are expressed with the parallel equipotential line EQ to the front face of picture element electrode 15A and a counterelectrode 22. At this time, liquid crystal molecule 30a tends to change the direction of



orientation so that axial bearing may become parallel to the equipotential line EQ, but as shown at drawing 5 (a) under the electric field electric field, and axial bearing and the equipotential line EQ of liquid crystal molecule 30a cross at right angles, the direction where liquid crystal molecule 30a inclines (revolution) does not become settled uniquely. Liquid crystal molecule 30a is typically influenced by the local surface state of the vertical orientation film of a difference, and begins to incline in the various directions. Consequently, the orientation conditions of liquid crystal molecule 30a will differ among two or more picture element fields, and the display by the liquid crystal display 200 will be the rough display. Moreover, time amount longer than the liquid crystal display 100 of this invention mentioned above by the time the orientation condition of the liquid crystal layer 30 reached the steady state shown in drawing 3 (c) is needed.

[0067] That is, the liquid crystal display 100 of this invention has the description that a speed of response is quick, possible [ the display of high definition without a rough deposit ] as compared with the conventional liquid crystal display 200.

[0068] Next, actuation of the liquid crystal display 300 which has opening 15b is explained to picture element electrode 15B, referring to drawing 4 . Picture element electrode 15B consists of single electrodes which have opening 15b, and differs from the picture element electrode 15 of the liquid crystal display of this invention in the point of not having the lower layer conductive layer 12 (for example, referring to drawing 1 ). A liquid crystal display 300 generates slanting electric field in the liquid crystal layer 30 like the liquid crystal display which is indicated by JP,6-301036,A mentioned above and which has opening 14a in a counterelectrode.

[0069] The liquid crystal layer 30 of a liquid crystal display 300 takes a vertical orientation condition at the time of no electrical-potential-difference impressing, as shown in drawing 4 (a) . The orientation condition of the liquid crystal layer 30 at the time of no electrical-potential-difference impressing is the same as the liquid crystal display ( drawing 1 and drawing 2 ) of this invention, or the conventional typical liquid crystal display ( drawing 3 ).

[0070] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the electric field expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 4 (b) , will be generated. Since picture element electrode 15B has opening 15b like the picture element electrode 15 (for example, refer to drawing 1 ) of the liquid crystal display 100 of this operation gestalt, the equipotential line EQ generated by the liquid crystal layer 30 of a liquid crystal display 200 falls in the field corresponding to opening 15b, and the slanting electric field expressed with the potential line EQ, such as having inclined in the liquid crystal layer 30 on the edge section EG of opening 15b, are formed. However, since picture element electrode 15B is formed from the single conductive layer and it does not have a lower layer conductive layer (the same potential as a picture element electrode) in the field corresponding to opening 15b, in the liquid crystal layer 30 located on opening 15b, the field (field on which the equipotential line EQ is not drawn) where electric field are not generated exists.

[0071] Liquid crystal molecule 30a which has the negative dielectric constant anisotropy put on the bottom of the above electric fields is served as follows. First, as the arrow head showed in drawing 4 (b) , in the right-hand side edge section EG in drawing, it carries out in the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a on the edge section EG of opening 15b inclines in the counter clockwise direction in the left-hand side edge section EG in drawing, respectively (revolution), and carries out orientation to the equipotential line EQ at parallel. This can determine uniquely the dip (revolution) direction of liquid crystal molecule 30a \*\* and near edge section EG which is the same behavior as liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal display 100 of this operation gestalt explained while referring to drawing 1 (b) , and can cause orientation change to stability.

[0072] However, since electric field do not occur in the liquid crystal layer 30 located on the field except the edge section EG of opening 15b, the torque which changes orientation is not generated. Consequently, even if sufficient time amount passes and orientation change of the liquid crystal layer 30 reaches a steady state, as shown in drawing 4 (c) , the liquid crystal layer 30 located on the field except

the edge section EG of opening 15b is still a vertical orientation condition. Of course, although a part of liquid crystal molecule 30a changes orientation in response to the effect of orientation change of liquid crystal molecule 30a near edge section EG, no orientation of liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal layer 30 on opening 15b can be changed. Although it is dependent also on the thickness of the liquid crystal layer 30, or the physical properties (the magnitude of a dielectric constant anisotropy, elastic modulus, etc.) of a liquid crystal ingredient, whether the effect reaches to liquid crystal molecule 30a which is in the location like which from the edge of opening 15b If the distance between the fields (it is also called the "solid section") which adjoin mutually through opening 15b and where a conductive layer exists actually exceeds about 4 micrometers, liquid crystal molecule 30a near the center of opening 15b will maintain vertical orientation, without changing orientation with electric fields. Therefore, since the field located on opening 15b of the liquid crystal layers 30 of a liquid crystal display 300 does not contribute to a display, it causes deterioration of display grace. For example, in the display mode of a normally black, an effective numerical aperture falls and display brightness falls.

[0073] Thus, brightness becomes dark although it can prevent the rough deposit of the display which takes place with the conventional typical liquid crystal display 200, since a liquid crystal display 300 determines uniquely the direction where the orientation of liquid crystal molecule 30a changes by the slanting electric field formed of picture element electrode 15B which has opening 15b. Since the liquid crystal display 100 of this operation gestalt has the lower layer electrode 12 prepared so that it might counter with the upper conductive layer 14 and opening 14a which have opening 14a, it can make electric field able to act on almost all the fields of the liquid crystal layer 30 located on opening 14a, and can be made to contribute to a display. Therefore, the high-definition display which whose liquid crystal display 100 of this operation gestalt is high brightness, and does not have a rough deposit is realizable.

[0074] The configuration (configuration seen from the substrate normal) of opening 14a which the upper conductive layer 14 of the two-layer structure electrode (picture element electrode) 15 which the liquid crystal display of this operation gestalt has is explained. A polygon is sufficient as the configuration of opening 14a, and a round shape and an ellipse form are sufficient as it.

[0075] The display property of a liquid crystal display originates in the orientation condition (optical anisotropy) of a liquid crystal molecule, and shows an azimuth dependency. In order to reduce the azimuth dependency of a display property, it is desirable that the liquid crystal molecule is carrying out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. Moreover, it is still more desirable that the liquid crystal molecule in each picture element field is carrying out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. Therefore, as for opening 14a, it is desirable to have a configuration in which the liquid crystal molecule in each picture element field carries out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. As for the configuration of opening 14a, specifically, it is desirable to have the symmetry-of-revolution nature which sets a symmetry axis as the core (the direction of a normal) of a picture element field, respectively. It is still more desirable to have the shaft of the high symmetry-of-revolution nature beyond a 2 times revolving shaft.

[0076] The orientation condition of liquid crystal molecule 30a in case the configuration of opening 14a is a polygon is explained referring to drawing 6 (a) - drawing 6 (c). Drawing 6 (a) - (c) shows typically the orientation condition of liquid crystal molecule 30a seen from the substrate normal, respectively. It is shown that the two-layer electrode with which the edge has opening 14a rather than the other end prepares the edge where the point of liquid crystal molecule 30a drawn in the shape of an ellipse in drawing showing the orientation condition of seen liquid crystal molecule 30a from [, such as drawing 6 (b) and (c), ] the substrate normal is shown black, and liquid crystal molecule 30a inclines so that closely [ a \*\*\*\*\* substrate side ]. Also in the following drawings, it is the same.

[0077] Here, corresponding to a rectangular (a square and a rectangle are included) picture element field, the structure in which rectangular opening 14a was formed is explained to an example. drawing 6 -- ( -- a -- ) -- inside -- one -- A -- one -- A -- ' -- a line -- having met -- a sectional view -- drawing 1 -- ( -- a -- ) -- corresponding -- drawing 6 -- ( -- b -- ) -- inside -- one -- B -- one -- B -- ' -- a line --

having met -- a sectional view -- drawing 1 -- (-- b --) -- corresponding -- drawing 6 -- R -- > -- six -- (-- c --) -- inside -- one -- C -- one -- C -- ' -- a line -- having met -- a sectional view -- drawing 1 (c) -- corresponding . It explains doubling and referring to drawing 1 (a) - drawing 1 (c). Of course, the configuration of a picture element field (picture element electrode 15) is not restricted to this.

[0078] When the picture element electrode 15 and counterelectrode 22 which have the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 are this potential, as shown in drawing 6 (a), as for liquid crystal molecule 30a by which the direction of orientation is regulated by the vertical orientation layer (un-illustrating) prepared in the liquid crystal layer 30 side front face of TFT substrate 100a and opposite substrate 100b, a vertical orientation condition is taken in the condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30.

[0079] Electric field are impressed to the liquid crystal layer 30, and if the electric field expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 1 (a), occur, in liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric constant anisotropy, torque to which axial bearing becomes in parallel with the equipotential line EQ will occur. As explained referring to drawing 5 (a) and (b), liquid crystal molecule 30a under the electric field expressed with the vertical equipotential line EQ to the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a Since the direction where liquid crystal molecule 30a inclines (revolution) has not become settled uniquely ( drawing 5 (a)), Since the dip (revolution) direction is decided uniquely, as for liquid crystal molecule 30a put to change (dip or revolution) of orientation not taking place easily on the bottom of the potential line EQ, such as having inclined to the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a, change of orientation takes place easily. With the structure shown in drawing 6 , liquid crystal molecule 30a begins to incline from the edge section of four sides of opening 14a of the rectangle of the upper conductive layer 14 to which the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a leans to the equipotential line EQ. And as explained referring to drawing 5 (c), surrounding liquid crystal molecule 30a also inclines so that the orientation and consistency of liquid crystal molecule 30a toward which the edge section of opening 14a inclined may be taken, and as shown in drawing 6 (c), axial bearing of liquid crystal molecule 30a is stabilized (radial dip orientation).

[0080] thus, opening 14a of the upper conductive layer 14 having the shape of the shape not of a slit (it being the configuration where width of face (direction which intersects perpendicularly with die length) is remarkable, and narrow, to die length) but a rectangle Since liquid crystal molecule 30a inclines toward the core of opening 14a from the edge section of four sides of opening 14a at the time of electrical-potential-difference impression, liquid crystal molecule 30a in a picture element field Liquid crystal molecule 30a near [ where the orientation restraining force of liquid crystal molecule 30a from the edge section balances ] the core of opening 14a maintains the condition of having carried out orientation vertically to the substrate side. The condition that liquid crystal molecule 30a inclined [ liquid crystal molecule 30a around it ] continuously in the radial focusing on liquid crystal molecule 30a near the core of opening 14a is acquired. Thus, if liquid crystal molecule 30a takes radial dip orientation for every picture element field, to all the viewing-angle directions (the direction of an azimuth is also included), a liquid crystal molecule 30a's of each axial bearing existence probability becomes almost equal, and the high-definition display without a rough deposit can be realized to all the viewing-angle directions.

[0081] Furthermore, if the configuration of opening 14a is made into the high square of symmetry-of-revolution nature (it has a revolving shaft 4 times), since the symmetric property of the radial dip orientation of liquid crystal molecule 30a which sets a symmetry axis as the core of opening 14a will become high rather than the low (it has a revolving shaft twice) rectangle of symmetry-of-revolution nature, the good display which does not have a rough deposit further to the viewing-angle direction is realizable. In addition, although the rectangle was illustrated as a configuration of opening 14a, if the radial dip orientation by which liquid crystal molecule 30a inside opening 14a was stabilized at the time of electrical-potential-difference impression is taken, you may be other polygons and a regular polygon with the high symmetry of revolution is still more desirable.

[0082] In addition, left-handed rotation as shown in drawing 8 (b) and (c), or the curled form clockwise radial dip orientation of the radial dip orientation of liquid crystal molecule 30a is more stable than simple radial dip orientation as shown in drawing 8 (a). In addition, curled form orientation here expresses the orientation condition of the liquid crystal molecule in a liquid crystal stratification plane (inside of a substrate side). The curled form orientation seen when a little chiral agent is added into a liquid crystal ingredient will hardly change along the thickness direction of the liquid crystal layer 30, if the direction of orientation of liquid crystal molecule 30a hardly changes spirally along the thickness direction of the liquid crystal layer 30 like the usual twist orientation and the direction of orientation of liquid crystal molecule 30a is seen in a minute field. That is, in the cross section (cross section in a field parallel to a stratification plane) of the location of what of the thickness direction of the liquid crystal layer 30, it is in drawing 8 (b) or the same orientation condition as (c), and most twist deformation which met in the thickness direction of the liquid crystal layer 30 is not produced. However, if it sees by the whole opening 14a, a certain amount of twist deformation will have occurred.

[0083] If the ingredient which added the chiral agent is used for the nematic liquid crystal ingredient which has a negative dielectric anisotropy, as shown in drawing 7 (a) and (b), respectively, liquid crystal molecule 30a will take left-handed rotation or clockwise curled form radial dip orientation focusing on opening 14a at the time of electrical-potential-difference impression. Right-handed rotation or left-handed rotation is decided by the class of chiral agent to be used. Therefore, since the direction which is rolling the surroundings of liquid crystal molecule 30a which stands at right angles to the substrate side of liquid crystal molecule 30a which is carrying out radial dip by carrying out curled form radial dip orientation of the liquid crystal layer 30 in opening 14a at the time of electrical-potential-difference impression can be made regularity within all opening 14a, the uniform display without a rough deposit is attained. Furthermore, since the direction which is rolling the surroundings of liquid crystal molecule 30a which stands at right angles to a substrate side has become settled, the speed of response at the time of impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 30 also improves.

[0084] Furthermore, also in the liquid crystal layer of a whorl orientation condition, if many chiral agents are added, if its attention is paid to the minute field, the orientation of liquid crystal molecule 30a will come to change spirally along the thickness direction of the liquid crystal layer 30 like the usual twist orientation.

[0085] In the orientation condition that the orientation of liquid crystal molecule 30a does not change spirally along the thickness direction of the liquid crystal layer 30, in order that a perpendicular direction or liquid crystal molecule 30a which is carrying out orientation in parallel may not give phase contrast to incident light to the polarization shaft of a polarizing plate, the incident light which passes through the field of such an orientation condition does not contribute to permeability. For example, observation of the picture element field in the white display condition of a liquid crystal display that the polarizing plate has been arranged at the cross Nicol's prism condition observes the quenching pattern of a cross joint clearly in the center section of the liquid crystal domain which carried out radial dip orientation.

[0086] On the other hand, while a perpendicular direction or liquid crystal molecule 30a which is carrying out orientation in parallel also gives phase contrast to the polarization shaft of a polarizing plate to incident light in the orientation condition that the orientation of liquid crystal molecule 30a changes spirally, along the thickness direction of the liquid crystal layer 30, the optical activity of light can also be used. Therefore, since the incident light which passes through the field of such an orientation condition also contributes to permeability, the liquid crystal display in which a bright display is possible can be obtained. For example, if the picture element field in the white display condition of a liquid crystal display that the polarizing plate has been arranged at the cross Nicol's prism condition is observed, the quenching pattern of the cross joint of the center section of the liquid crystal domain which carried out radial dip orientation will become indefinite, and will become bright at the whole. In order to improve the utilization effectiveness of the light by optical activity efficiently, as for the twist angle of a liquid crystal layer, it is desirable that it is about 90 degrees.

[0087] The configuration of opening 14a may not be restricted to the polygon mentioned above, but a round shape and an ellipse form are sufficient as it.

[0088] The orientation condition of liquid crystal molecule 30a when the configuration of opening 14a is circular is explained referring to drawing 9 (a) – drawing 9 (c). Drawing 9 (a) – drawing 9 (c) show typically the orientation condition of liquid crystal molecule 30a seen from the substrate normal, respectively. Here, the structure in which circular opening 14a was formed is explained to an example to a rectangular picture element field. The sectional view which met the 1A-1A' line in drawing 9 (a) is equivalent to drawing 1 R> 1 (a), the sectional view which met the 1B-1B' line in drawing 9 (b) is equivalent to drawing 1 (b), and the sectional view which met the 1C-1C' line in drawing 9 (c) is equivalent to drawing 1 (c). It explains doubling and referring to drawing 1 R> 1 (a) – drawing 1 (c).

[0089] When the picture element electrode 15 and counterelectrode 22 which have the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 are this potential, as shown in drawing 9 (a), as for liquid crystal molecule 30a by which the direction of orientation is regulated by the vertical orientation layer (un-illustrating) prepared in the liquid crystal layer 30 side front face of TFT substrate 100a and opposite substrate 100b, a vertical orientation condition is taken in the condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30.

[0090] Electric field are impressed to the liquid crystal layer 30, and if the electric field expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 1 (a), occur, in liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric constant anisotropy, torque to which axial bearing becomes in parallel with the equipotential line EQ will occur. As explained referring to drawing 5 (a) and (b), liquid crystal molecule 30a under the electric field expressed with the vertical equipotential line EQ to the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a Since the direction where liquid crystal molecule 30a inclines (revolution) has not become settled uniquely ( drawing 5 (a)), Since the dip (revolution) direction is decided uniquely, as for liquid crystal molecule 30a put to change (dip or revolution) of orientation not taking place easily on the bottom of the potential line EQ, such as having inclined to the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a, change of orientation takes place easily. With the structure shown in drawing 9 , liquid crystal molecule 30a begins to incline from the edge section of the periphery of circular opening 14a of the upper conductive layer 14 to which the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a leans to the equipotential line EQ. And as explained referring to drawing 5 (c), surrounding liquid crystal molecule 30a also inclines so that the orientation and consistency of liquid crystal molecule 30a toward which the edge section of opening 14a inclined may be taken, and axial bearing of liquid crystal molecule 30a is stabilized in the condition that it was shown in drawing 9 (c) (radial dip orientation).

[0091] Opening 14a of the upper conductive layer 14 that it is a circle configuration thus, liquid crystal molecule 30a in a picture element field Since liquid crystal molecule 30a inclines toward the core of opening 14a from the edge section of the periphery of opening 14a at the time of electrical-potential-difference impression Liquid crystal molecule 30a near [ where the orientation restraining force of liquid crystal molecule 30a from the edge section balances ] the core of opening 14a maintains the condition of having carried out orientation vertically to the substrate side. The condition (radial dip orientation) that liquid crystal molecule 30a inclined [ liquid crystal molecule 30a around it ] continuously in the radial focusing on liquid crystal molecule 30a near the core of opening 14a is acquired. When the configuration of opening 14a is circular, since the core (location of liquid crystal molecule 30a which carried out orientation at right angles to a substrate side) of radial dip orientation is formed in the core of opening 14a at stability, rather than the case of a square, the high-definition display which does not have a rough deposit in all directions at the time of electrical-potential-difference impression can be realized.

[0092] It is thought that that the symmetry-of-revolution nature of a circle is high has the operation acquired when the configuration of opening 14a is circular that the center position of radial dip orientation is stabilized in the edge of opening 14a which determines the direction where liquid crystal

molecule 30a inclines continuing. An operation of the radial dip orientation stabilization by the edge of opening 14a continuing is acquired also considering the configuration of opening 14a as an ellipse (ellipse).

[0093] In addition, the radial dip orientation of liquid crystal molecule 30a is stabilized more by giving a curled form stacking tendency, as mentioned above, referring to drawing 8. Therefore, it is more desirable to consider as left-handed rotation or right-handed-rotation curled form radial dip orientation a core [ opening 14a ], as shown in drawing 10 (a) and drawing 10 (b), respectively. If the area of opening 14a becomes large and the distance from the side of opening 14a to a core becomes long especially, since the orientation of liquid crystal molecule 30a located in opening 14a will stop being stabilized easily, it is desirable to give a curled form stacking tendency. For example, by adding a chiral agent into a liquid crystal ingredient, it can whirl to radial orientation and orientation can be given.

[0094] [Configuration which has two or more openings] Although the configuration and operation of a two-layer structure electrode which have opening for the configuration which has one opening for every picture element field for an example above were explained, two or more openings may be prepared for every picture element field. Below, the configuration using the picture element electrode of the two-layer structure of having two or more openings for every picture element field is explained.

[0095] When preparing two or more openings for every picture element field, as mentioned above, it is desirable to have the configuration in which each of two or more openings has symmetry-of-revolution nature, and it is desirable that arrangement of further two or more openings has symmetry-of-revolution nature so that the orientation where the liquid crystal molecule in a picture element field is uniform in omnidirection may be taken. Below, the configuration and actuation are explained to an example for the liquid crystal display which has the picture element electrode of the two-layer structure which has arranged two or more openings so that it may have symmetry-of-revolution nature for every picture element field.

[0096] The cross-section structure of one picture element field of the liquid crystal display 400 which equipped drawing 11 with the picture element electrode 15 which has two or more opening 14a (14a1 and 14a2 are included) is shown typically. The liquid crystal display 400 has TFT substrate 400a and opposite substrate 100b (it is substantially [ as opposite substrate 100b shown in drawing 1 ] the same.).

[0097] Drawing 11 (a) shows typically the orientation condition (OFF condition) of liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal layer 30 to which the electrical potential difference is not impressed. Drawing 11 (b) shows typically the condition (ON initial state) that the orientation of liquid crystal molecule 30a began to change, according to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30. Drawing 11 (c) shows typically the condition that the orientation of liquid crystal molecule 30a which changed according to the impressed electrical potential difference reached the steady state. Drawing 11 (a), (b), and (c) correspond to drawing 1 (a) about the liquid crystal display 100 equipped with the picture element electrode 15 which has one opening 14a for every picture element field, (b), and (c), respectively. In addition, the lower layer conductive layer 12 prepared in drawing 11 so that opening 14a1 and 14a2 might be countered through a dielectric layer 13 opening 14a1 and 14a2 -- respectively -- \*\*, although the example formed so that it might lap and might exist also in opening 14a1 and the field between 14a2 (field where the upper conductive layer 14 exists) was shown Arrangement of the lower layer conductive layer 12 is not restricted to this, but it should just be arranged so that it may have the arrangement relation shown in drawing 11 (a) -- (c) to opening 14a1 and each of 14a2. Moreover, although PATANGU especially since the electric field impressed to the liquid crystal layer 30 are not influenced substantially, patterning of the lower layer conductive layer 12 formed in the field where the conductive layer of the upper conductive layer 14 exists through a dielectric layer 13, and the location which counters may be carried out.

[0098] As shown in drawing 11 (a), when the picture element electrode 15 and a counterelectrode 22 are these potentials (condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30), orientation of the liquid crystal molecule 30a in a picture element field is vertically



carried out to the front face of both the substrates 11 and 21.

[0099] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the electric potential gradient expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 11 (b), will be formed. In the liquid crystal layer 30 located between the upper conductive layer 14 of the picture element electrode 15, and a counterelectrode 22, the uniform electric potential gradient expressed with the parallel equipotential line EQ to the front face of the upper conductive layer 14 and a counterelectrode 22 is formed. The electric potential gradient according to the potential difference of the lower layer conductive layer 12 and a counterelectrode 22 is formed in the liquid crystal layer 30 located the opening 14a1 of the upper conductive layer 14, and on 14a2. Since the electric potential gradient formed in the liquid crystal layer 30 is influenced of the voltage drop by the dielectric layer 13 at this time, the equipotential line EQ formed in the liquid crystal layer 30 falls in opening 14a1 and the field corresponding to 14a2 (two or more "troughs" is formed in the equipotential line EQ). Since the lower layer conductive layer 12 is formed in the field which counters opening 14a1 and 14a2 through a dielectric layer 13, the electric potential gradient expressed with the parallel equipotential line EQ to the field of the upper conductive layer 14 and a counterelectrode 22 is formed also in the liquid crystal layer 30 located on opening 14a1 and near [ each ] the center of 14a2 ("bottom of a trough" of the equipotential line EQ). In the liquid crystal layer 30 on opening 14a1 and the edge section (inside circumference of opening including the boundary (extension) of opening) EG of 14a2, the slanting electric field expressed with the potential line EQ, such as having inclined, are formed.

[0100] The torque which is going to carry out orientation of the axial bearing of liquid crystal molecule 30a to parallel to the equipotential line EQ acts on liquid crystal molecule 30a which has a negative dielectric anisotropy. Therefore, as the arrow head showed in drawing 11 (b), in the right-hand side edge section EG in drawing, it carries out in the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a on the edge section EG inclines in the counter clockwise direction in the left-hand side edge section EG in drawing, respectively (revolution), and carries out orientation to the equipotential line EQ at parallel.

[0101] In the opening 14a1 of a liquid crystal display 400 and the edge section EG of 14a2 according to this invention as shown in drawing 11 (b) If the electric field (slanting electric field) expressed with the potential line EQ, such as having inclined to axial bearing of liquid crystal molecule 30a, occur, as shown in drawing 5 (b), liquid crystal molecule 30a inclines in the direction (counter clockwise in the example of a graphic display) with few amounts of dip for becoming the equipotential line EQ and parallel. Moreover, as shown in drawing 5 (c), the liquid-crystal molecule 30 a located in the field which the electric field expressed with the perpendicular equipotential line EQ to axial bearing of liquid-crystal molecule 30a generate inclines in the same direction as the liquid-crystal molecule 30 a located on [ , such as having inclined, ] the potential line EQ so that the liquid-crystal molecule 30a and the orientation which are located on [ , such as having inclined, ] the potential line EQ may become continuously (it has consistency like).

[0102] If change of the orientation which begins from liquid crystal molecule 30a located on [ , such as having inclined, ] the potential line EQ progresses and a steady state is reached as mentioned above, as typically shown in drawing 11 (c), symmetrical dip orientation (radial dip orientation) will be formed about opening 14a1 and each core SA of 14a2. Moreover, dip orientation also of the liquid crystal molecule 30a on the field of the upper conductive layer 14 located between two adjoining openings 14a1 and 14a2 is carried out so that liquid crystal molecule 30a of opening 14a1 and the edge section of 14a2 and orientation may become continuously (it has consistency like). Since liquid crystal molecule 30a on the part located in the center of opening 14a1 and the edge of 14a2 is influenced to the same extent of liquid crystal molecule 30a of each edge section, it maintains a vertical orientation condition like liquid crystal molecule 30a located in opening 14a1 and the center section of 14a2. Consequently, the liquid crystal layer on the upper conductive layer 14 will also be in a radial dip orientation condition between two adjoining openings 14a1 and 14a2. However, the dip directions of a liquid crystal molecule differ in

the radial dip direction of the liquid crystal layer between opening 14a1 and the radial dip orientation of the liquid crystal layer in 14a2 and opening 14a1, and 14a2. If the orientation near [ which is located in the center of each field which is carrying out radial dip orientation ] liquid crystal molecule 30a shown in drawing 11 (c) is observed, within opening 14a1 and 14a2, liquid crystal molecule 30a inclines between openings to liquid crystal molecule 30a inclining so that the cone which spreads toward a counterelectrode may be formed so that the cone which spreads toward the upper conductive layer 14 may be formed. In addition, since it is formed so that any radial dip orientation may be adjusted with the dip orientation of liquid crystal molecule 30a of the edge section, two radial dip orientation is continuing mutually.

[0103] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30 as mentioned above, radial dip orientation will be formed by beginning to incline from liquid crystal molecule 30a on two or more openings 14a1 prepared in the upper conductive layer 14, and each 14a2 edge section EG, and inclining so that liquid crystal molecule 30a of a boundary region may have consistency after that with the dip orientation of liquid crystal molecule 30a on the edge section EG. Therefore, since the number of liquid crystal molecule 30a which answers electric field and begins to incline first increases so that there is many opening 14a formed in one picture element field, the time amount taken to cover the whole picture element field and to form radial dip orientation becomes short. That is, the speed of response of a liquid crystal display is [ carry out / of opening 14a formed in a picture element electrode for every picture element field / the increase of a number, or ] improvable.

[0104] Thus, while the liquid crystal display which has the display grace which was excellent in the viewing-angle property in omnidirection by forming two or more openings 14a1 and 14a2 for every picture element field is realized, the response characteristic of a liquid crystal display is also improved.

[0105] Next, the relation between each configuration and relative configuration of two or more opening 14a, and the orientation of liquid crystal molecule 30a is explained, referring to drawing 12 and drawing 13. drawing 12 -- (-- a --) -- and -- drawing 13 -- (-- a --) -- inside -- 11 -- A - 11 -- A -- ' -- a line -- having met -- a sectional view -- drawing 11 -- (-- a --) -- corresponding -- drawing 12 -- (-- b --) -- and -- drawing 13 -- (-- b --) -- inside -- 11 -- B - 11 -- B -- ' -- a line -- having met -- a sectional view -- drawing 11 -- (-- b --) -- corresponding -- drawing 12 -- (-- c --) -- and -- drawing 13 -- (-- c --) -- inside -- 11 -- C - 11 -- C -- ' -- a line -- having met -- a sectional view -- drawing 11 (c) -- corresponding .

[0106] Although drawing 12 and drawing 13 have illustrated the rectangular picture element electrode 15 (picture element field), the configuration of the appearance of the picture element electrode 15 (the upper conductive layer 14) is not restricted to this. Moreover, the liquid crystal display by this invention may have two or more electrode configurations which showed the electrode configuration shown in drawing 12 or drawing 13 about one picture element field to what [ not only ] it has only one but drawing 12 , and drawing 13 in one picture element field. Moreover, it may be lapped and formed in the side or the angle as which there is especially no limit in the relative arrangement relation between the periphery of the picture element electrode 15 (the upper conductive layer 14), and opening 14a, and a part of two or more opening 14a specifies the periphery of the upper conductive layer 14 in it. This is the same also to the liquid crystal display of other operation gestalten in which the picture element field which has two or more opening 14a is shown. In addition, the whole picture element field is covered and it mentions later about the relative configuration desirable in order to stabilize orientation of a liquid crystal molecule (and improvement in a speed of response) between opening 14a.

[0107] First, the configurations of each opening 14a may be a polygon, and a round shape or an ellipse form, as explained previously. The round shape which showed the viewing-angle property in the direction of an azimuth of all the liquid crystal displays 400 to regular polygons, such as a square shown in drawing 12 , and drawing 13 since it was desirable to have had symmetry-of-revolution nature with each configuration of opening 14a high to an improvement (for rough deposit of display to be abolished) sake is desirable. About the relation between the configuration of each opening 14a, and the orientation



condition of liquid crystal molecule 30a, since it is as previous explanation, explanation is omitted here.

[0108] Moreover, in the configuration in which two or more opening 14a was formed, it is desirable that relative arrangement of two or more opening 14a has symmetry-of-revolution nature. For example, when forming four square opening 14a in the square upper conductive layer 14 as shown in drawing 12 (namely, when a picture element field is a square), it is desirable to arrange four openings 14a centering on the core SA of the square upper conductive layer 14, so that it may have symmetry-of-revolution nature. As illustrated, it is desirable to arrange so that the core SA of the square upper conductive layer 14 may serve as a revolving shaft 4 times. Thus, when it arranges, the field which has the radial dip orientation formed focusing on each opening 14a when an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, as shown in drawing 12 (b) and (c) has symmetry-of-revolution nature 4 times centering on the core SA of the upper conductive layer 14. Consequently, the viewing-angle property of a liquid crystal display 400 is further equalized covering the direction of an omnidirection angle.

[0109] Although the drawing 12 odor illustrated the configuration in which four openings 14a was formed to one picture element field, the number of opening 14a is not restricted to this. The number of opening 14a formed in one picture element field is suitably set as stability by picture element area-size, configuration, and one opening 14a in consideration of the area size in which radial dip orientation is formed, and a speed of response. When forming much opening 14a in one picture element field, in order to improve the homogeneity of a viewing-angle property, it is desirable to cover the whole picture element field, and to arrange so that arrangement of opening 14a may have symmetry-of-revolution nature, but it may be unable to arrange so that the whole picture element field may be covered depending on the configuration of a picture element field and it may have symmetry-of-revolution nature. It is desirable to arrange so that the largest possible area may be covered and it may have symmetry-of-revolution nature. For example, when a picture element field is a rectangle, the liquid crystal display which has a sufficiently uniform viewing-angle property can be obtained by dividing a rectangle into two or more squares, and forming two or more opening 14a so that it may have symmetry-of-revolution nature to each square.

[0110] It replaces with opening 14a of the square shown in drawing 12 , and the configuration which prepared circular opening 14a is shown in drawing 13 .

[0111] The viewing-angle property of a liquid crystal display is further improvable by arranging four openings 14a the same with having mentioned above, while referring to drawing 12 , so that the core SA of the upper conductive layer 14 may serve as a revolving shaft 4 times. Moreover, since the continuity of the orientation of liquid crystal molecule 30a where the one where the configuration of opening 14a is more nearly circular met the edge section of each opening 14a rather than the polygon is high, the radial dip orientation of liquid crystal molecule 30a is stabilized more. Furthermore, in the configuration which prepares two or more opening 14a, if the configuration of opening 14a is made circular, the continuity between the radial dip orientation formed of adjoining opening 14a will be high, and the advantage that two or more radial dip orientation formed in a picture element field tends to be stabilized will be acquired.

[0112] For example, as shown in drawing 14 , liquid crystal molecule 30a to which circular four openings 14a is located by each core on the diagonal line of the rectangle also in the configuration by which it has been arranged so that it may be located in a rectangular angle can form continuous dip orientation. On the other hand, the orientation of liquid crystal molecule 30a in the field surrounded by four openings 14a cannot become easily continuously so that he can understand from the diagonal line of the rectangle which connects the core of opening 14a and is formed not being in agreement with the diagonal line of the square of opening 14a if four openings 14a in drawing 14 is made into a square. On the other hand, although the rectangle in which four cores of opening 14a form these four configurations of opening 14a, the rectangle which has a parallelism relation, then the above-mentioned problem are solved, the continuity of the radial dip orientation formed in each opening 14a falls. Therefore, as for the configuration of opening 14a, or arrangement, it is desirable to set up suitably in consideration of the configuration and magnitude of a picture element field. In addition, drawing 14 shows the condition of

having impressed the electrical potential difference to the liquid crystal layer, and the sectional view which met the 11C-11C' line in drawing 14 is equivalent to drawing 11 (c).

[0113] The desirable example of arrangement of opening in the electrode configuration (namely, two-layer structure electrode with which a picture element electrode or a counterelectrode has opening) which has two or more openings for every picture element field is further explained to a detail.

[0114] Other patterns of the upper conductive layer 14 of other liquid crystal display 400A of the operation gestalt 1 are explained referring to drawing 15 (a). Drawing 15 (b) is the sectional view which met the 15B-15B' line in drawing 15 (a), and is substantially [ as drawing 11 (a) ] the same except giving reference mark 14b to the solid section of the upper conductive layer 14, and giving reference mark 14b' to the unit solid section.

[0115] The upper conductive layer 14 which liquid crystal display 400A has has two or more opening 14a and solid section 14b. Opening 14a points out the part from which the electric conduction film of the upper conductive layers 14 formed from the electric conduction film (for example, ITO film) was removed, and solid section 14b points out the part (parts other than opening 14a) in which the electric conduction film exists. Although two or more formation of the opening 14a is carried out for every picture element electrode, solid section 14b is fundamentally formed from the continuous single electric conduction film.

[0116] Two or more opening 14a is arranged so that the core may form a tetragonal lattice, and solid section (the "unit solid section" is called.) 14b' substantially surrounded by four openings 14a to which a core is located on the four lattice points which form one unit lattice has the configuration of an approximate circle form. Each opening 14a is abbreviation stellate [ which has the side (edge) of the shape of four quadrant radii, and has a revolving shaft 4 times at the core ]. In addition, in order to cover the whole picture element field and to stabilize orientation, it is desirable to form a unit lattice to the edge of the upper conductive layer 14. Therefore, as illustrated, as for the edge of the upper conductive layer 14, it is desirable that patterning is carried out to the configuration equivalent to about 1 (field corresponding to angle)/4 of about 1 (field corresponding to the side)/2 of opening 14a and opening 14a. In addition, the square (set of a tetragonal lattice) shown as the continuous line in drawing 15 (a) shows the field (appearance) corresponding to the conventional picture element electrode formed from the single conductive layer.

[0117] Opening 14a located in the center section of the picture element field has the same magnitude in the same configuration substantially. Unit solid section 14b' located in the unit lattice formed of opening 14a is an approximate circle form, and has the same magnitude in the same configuration substantially. It connects mutually and unit solid section 14b' which adjoins mutually constitutes solid section 14b which functions as single electric conduction film substantially.

[0118] If an electrical potential difference is impressed between the upper conductive layers 14 and counterelectrodes 22 which have a configuration which was mentioned above, two or more liquid crystal domains where each has radial dip orientation will be formed of the slanting electric field generated by the edge section of opening 14a. Every one liquid crystal domain is formed in the field corresponding to each opening 14a, and the field corresponding to unit solid section 14b' in a unit lattice, respectively.

[0119] Here, although the square upper conductive layer 14 is illustrated, the configuration of 14 of a picture element electrode is not restricted to this. Since the general configuration of the upper conductive layer 14 is approximated to a rectangle (a square and a rectangle are included), it can arrange opening 14a regularly in the shape of a tetragonal lattice. If opening 14a is regularly arranged so that a liquid crystal domain may be formed in all the fields in a picture element field even if the upper conductive layer 14 has configurations other than a rectangle (for example, it illustrated -- as -- the shape of a tetragonal lattice), the effectiveness of this invention can be acquired.

[0120] The configuration (configuration seen from the substrate normal) of opening 14a which the upper conductive layer 14 which liquid crystal display 400A of this operation gestalt has has, and its arrangement are explained.

[0121] The display property of a liquid crystal display originates in the orientation condition (optical anisotropy) of a liquid crystal molecule, and shows an azimuth dependency. In order to reduce the azimuth dependency of a display property, it is desirable that the liquid crystal molecule is carrying out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. Moreover, it is still more desirable that the liquid crystal molecule in each picture element field is carrying out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. Therefore, as for opening 14a, it is desirable to have a configuration which forms a liquid crystal domain so that liquid crystal molecule 30a in each picture element field may carry out orientation by the equivalent probability to all the azimuth. As for the configuration of opening 14a, specifically, it is desirable to be arranged so that two or more opening 14a may have symmetry-of-revolution nature preferably [ having the symmetry-of-revolution nature (preferably symmetric property beyond a 2 times revolving shaft) which sets a symmetry axis as each core (the direction of a normal) ]. Moreover, it is desirable that the configuration of unit solid section 14b' substantially surrounded by these openings also has symmetry-of-revolution nature, and it is desirable to be arranged so that unit solid section 14b' may also have symmetry-of-revolution nature.

[0122] However, as there is not necessarily no need of being arranged so that opening 14a and unit solid section 14b' may cover the whole picture element field and may have symmetry-of-revolution nature and it was shown in drawing 15 (a) For example, if a tetragonal lattice (symmetric property which has a revolving shaft 4 times) is made into a smallest unit and a picture element field is constituted by those combination, the whole picture element field can be covered and orientation of the liquid crystal molecule can be substantially carried out by the equivalent probability to all the azimuth.

[0123] The orientation condition of liquid crystal molecule 30a when unit solid section 14b' of the abbreviation stellate opening 14a and the approximate circle form where it has symmetry-of-revolution nature which were shown in drawing 15 (a) is arranged in the shape of a tetragonal lattice is explained referring to drawing 16 (a) - drawing 16 (c).

[0124] Drawing 16 (a) - (c) shows typically the orientation condition of liquid crystal molecule 30a seen from the substrate normal, respectively. It is shown that the upper conductive layer 14 in which the edge has opening 14a rather than the other end prepares the edge where the point of liquid crystal molecule 30a drawn in the shape of an ellipse in drawing showing the orientation condition of seen liquid crystal molecule 30a from [ , such as drawing 16 (b) and (c), ] the substrate normal is shown black, and liquid crystal molecule 30a inclines so that closely [ a \*\*\*\*\* substrate side ]. Also in the following drawings, it is the same. Here, one unit lattice (formed of four openings 14a) in the picture element field shown in drawing 15 (a) is explained. The sectional view which met the diagonal line in drawing 16 (a) - drawing 16 (c) corresponds to drawing 1111 (a) - drawing 11 (c), respectively, and it is explained, setting and referring to these drawings.

[0125] When the upper conductive layer 14 and a counterelectrode 22 are these potentials, as shown in drawing 16 (a), as for liquid crystal molecule 30a by which the direction of orientation is regulated by the vertical orientation layer (un-illustrating) prepared in the liquid crystal layer 30 side front face of TFT substrate 400a and opposite substrate 100b, a vertical orientation condition is taken in the condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30.

[0126] If electric field are impressed to the liquid crystal layer 30, as shown in drawing 16 (b), liquid crystal molecule 30a begins to incline from the edge section of opening 14a. And surrounding liquid crystal molecule 30a also inclines so that the orientation and consistency of liquid crystal molecule 30a toward which the edge section of opening 14a inclined may be taken, and axial bearing of liquid crystal molecule 30a is stabilized in the condition that it was shown in drawing 16 (c) (radial dip orientation).

[0127] That it is the configuration in which opening 14a has symmetry-of-revolution nature thus, liquid crystal molecule 30a in a picture element field Since liquid crystal molecule 30a inclines toward the core of opening 14a from the edge section of opening 14a at the time of electrical-potential-difference impression Liquid crystal molecule 30a near [ where the orientation restraining force of liquid crystal molecule 30a from the edge section balances ] the core of opening 14a maintains the condition of having

carried out orientation vertically to the substrate side. The condition that liquid crystal molecule 30a inclined [ liquid crystal molecule 30a around it ] continuously in the radial focusing on liquid crystal molecule 30a near the core of opening 14a is acquired.

[0128] Moreover, liquid crystal molecule 30a of the field corresponding to unit solid section 14b' of the approximate circle form surrounded by four abbreviation stellate opening 14a arranged in the shape of a tetragonal lattice also inclines so that it may have consistency with the orientation of liquid crystal molecule 30a which inclined by the slanting electric field generated by the edge section of opening 14a. Liquid crystal molecule 30a near [ where the orientation restraining force of liquid crystal molecule 30a from the edge section balances ] the core of unit solid section 14b' maintains the condition of having carried out orientation vertically to the substrate side, and the condition that liquid crystal molecule 30a inclined [ liquid crystal molecule 30a around it ] continuously in the radial focusing on liquid crystal molecule 30a near the core of unit solid section 14b' is acquired.

[0129] Thus, the whole picture element field is covered, if the liquid crystal domain where liquid crystal molecule 30a takes radial dip orientation is arranged in the shape of a tetragonal lattice, a liquid crystal molecule 30a's of each axial bearing existence probability will have symmetry-of-revolution nature, and the high-definition display without a rough deposit can be realized to all the viewing-angle directions. In order to reduce the viewing-angle dependency of the liquid crystal domain which has radial dip orientation, it is desirable to have symmetry-of-revolution nature (for beyond a 2 times revolving shaft to be desirable, and for beyond a 4 times revolving shaft to be still more desirable.) with a high liquid crystal domain. Moreover, in order to reduce the viewing-angle dependency of the whole picture element field, it is desirable that two or more liquid crystal domains formed in a picture element field constitute the array (for example, tetragonal lattice) expressed with the combination of the unit (for example, unit lattice) which has high symmetry-of-revolution nature (beyond a 2 times revolving shaft is desirable, and beyond a 4 times revolving shaft is still more desirable.).

[0130] Although opening 14a has abbreviation stellate, unit solid section 14b' has an approximate circle form and these showed the example arranged in the shape of a tetragonal lattice by drawing 15 (a), the configurations of opening 14a and unit solid section 14b' and these arrangement are not restricted to the above-mentioned example.

[0131] The plan of the upper conductive layers 14A and 14B which have opening 14a of a configuration and unit solid section 14b' which are different in drawing 17 (a) and (b) is shown, respectively.

[0132] drawing 17 -- (--- a ---) --- and --- (--- b ---) --- respectively --- having been shown --- the upper layer --- a conductive layer --- 14 --- A --- and --- 14 --- B --- opening --- 14 --- a --- and --- a unit --- a solid --- the section --- 14 --- b --- ' --- drawing 15 --- (--- a ---) --- having been shown --- a picture element --- an electrode --- opening --- 14 --- a --- and --- a unit --- a solid --- the section --- 14 --- b --- ' --- some --- having been distorted --- a form --- having --- \*\*\*\* . Opening 14a of the upper conductive layers 14A and 14B and unit solid section 14b' have a revolving shaft twice (it does not have a revolving shaft 4 times), and they are regularly arranged so that a rectangular unit lattice may be formed. Each of opening 14a has stellate [ bent ], and each unit solid section 14b' has the abbreviation ellipse form (bent round shape). Even if it uses the upper conductive layers 14A and 14B, display grace can obtain the liquid crystal display excellent in the high viewing-angle property.

[0133] Furthermore, the upper conductive layers 14C and 14D as shown in drawing 18 (a) and (b), respectively can also be used.

[0134] As for the upper conductive layers 14C and 14D, opening 14a of an abbreviation cross joint is arranged in the shape of a tetragonal lattice so that unit solid section 14b' may become an abbreviation square. Of course, these may be made distorted, and you may arrange so that a rectangular unit lattice may be formed. Thus, even if it arranges regularly unit solid section 14b' of an abbreviation rectangle (a rectangle presupposes that a square and a rectangle are included.), display grace can obtain the liquid crystal display excellent in the high viewing-angle property.

[0135] However, since more nearly circular than a rectangle or an ellipse form can stabilize radial dip

orientation, the configuration of opening 14a and/or unit solid section 14b' is desirable. Since the side of opening 14a changes continuously (smoothly), this is considered for the direction of orientation of liquid crystal molecule 30a also changing continuously (smoothly).

[0136] From a viewpoint of the continuity of the direction of orientation of liquid crystal molecule 30a mentioned above, the upper conductive layers 14E and 14F shown in drawing 19 (a) and (b) are also considered. Upper conductive layer 14E shown in drawing 19 (a) is the modification of the upper conductive layer 14 shown in drawing 15 (a), and has opening 14a which consists only of four radii. Moreover, upper conductive layer 14F shown in drawing 19 (b) are the modification of upper conductive layer 14D shown in drawing 18 (b), and unit solid section 14b' specified by surrounding opening 14a is formed from the combination of quadrant radii. Although each opening 14a and unit solid section 14b' which the upper conductive layers 14E and 14F have have the revolving shaft 4 times and it is arranged in the shape of a tetragonal lattice (it has a revolving shaft 4 times) As shown in drawing 17 (a) and (b), it may consider as the configuration which the configuration of unit solid section 14b' of opening 14a is made distorted, and has a revolving shaft twice, and you may arrange so that a rectangular grid (it has a revolving shaft twice) may be formed.

[0137] In the above-mentioned example, opening 14a of abbreviation stellate or an abbreviation cross-joint form was formed, and the configuration made into the abbreviation rectangle to which the approximate circle form, the abbreviation ellipse form, the abbreviation square (rectangle), and the angle were able to take the configuration of unit solid section 14b' was explained. On the other hand, negative-positive reversal of the relation between opening 14a and unit solid section 14b' may be carried out. For example, upper conductive layer 14G which have the pattern which carried out negative-positive reversal of opening 14a of the upper conductive layer 14 and unit solid section 14b' which were shown in drawing 15 (a) are shown in drawing 20. Thus, it has the same function substantially with the upper conductive layer 14 which showed upper conductive layer 14G which have the pattern which carried out negative-positive reversal to drawing 15 (a). In addition, like the upper conductive layers 14H and 14I shown in drawing 21 (a) and (b), respectively, when both opening 14a and unit solid section 14b' are abbreviation squares, even if it carries out negative-positive reversal, there is also a thing used as the pattern of a basis and the same pattern.

[0138] Also when negative-positive reversal of the pattern shown in drawing 15 (a) is carried out like the pattern shown in drawing 20, it is desirable to form a part of opening 14a (about 1/2 or about 1/4) so that unit solid section 14b' which has symmetry-of-revolution nature may be formed in the edge section of the upper conductive layer 14. By considering as such a pattern, like the center section of the picture element field, the effectiveness by slanting electric field is acquired and radial dip orientation continued and stabilized to the whole picture element field can be realized also in the edge section of a picture element field.

[0139] Next, it explains any of a negative-positive pattern should be adopted as an example for upper conductive layer 14G shown in drawing 20  $R > 0$  which has the pattern which carried out negative-positive reversal of the pattern of the upper conductive layer 14 of drawing 15 (a), opening 14a of the upper conductive layer 14, and unit solid section 14b'.

[0140] a negative-positive -- even if it adopts which pattern, both of the patterns of the die length of the side of opening 14a are the same. Therefore, there is no difference by these patterns in the function to generate slanting electric field. However, the rates of surface ratio of unit solid section 14b' (ratio to the whole surface product of the upper conductive layer 14) may differ among both. That is, the area of solid section 14b (part in which the electric conduction film exists actually) which generates the electric field adopted as the liquid crystal molecule of a liquid crystal layer may differ.

[0141] the electrical potential difference impressed to the liquid crystal domain in which the electrical potential difference impressed to the liquid crystal domain formed in opening 14a is formed in solid section 14b -- a twist -- low -- \*\* -- it is \*\*, for example, if normally black mode is displayed, the liquid crystal domain formed in opening 14a will become dark. That is, if the rate of surface ratio of

opening 14a becomes high, it will become the inclination for display brightness to fall. Therefore, the one where the rate of surface ratio of solid section 14b is higher is desirable. In addition, although an operation of a lower layer conductive layer is disregarded and it explains since it is easy, the two-layer structure electrode which the liquid crystal display by this invention has has the lower layer conductive layer (for example, lower layer conductive layer 12 of drawing 1 ) here to the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14. Therefore, since the electric field from a lower layer conductive layer act also on the liquid crystal layer 30 of the field corresponding to opening 14a, there is few extent to which display brightness falls in connection with the rate of surface ratio of opening 14a becoming high than the conventional liquid crystal display 300 explained while referring to drawing 4 (a) – (c).

[0142] It is dependent on the pitch (magnitude) of a unit lattice in any of the pattern of drawing 15 (a) and the pattern of drawing 20 the rate of surface ratio of solid section 14b becomes high.

[0143] Drawing 22 (a) shows the unit lattice of the pattern shown in drawing 15 (a), and drawing 22 (b) shows the unit lattice (however, it centers on opening 14a.) of the pattern shown in drawing 20 . In addition, in drawing 22 (b), the part (branch prolonged on all sides from the circular section) which has played the role which connects unit solid section 14b' in drawing 20 mutually is omitted. Die length of one side of a square unit lattice (pitch) is set to p, and the die length (tooth space of one side) of the gap of opening 14a or unit solid section 14b', and a unit lattice is set to s.

[0144] The various upper conductive layers 14 from which a pitch p and the value of the single-sided tooth space s differ were formed, and the stability of radial dip orientation etc. was examined. Consequently, in order to generate slanting electric field required in order to obtain radial dip orientation using the upper conductive layer 14 which has first the pattern (a "positive type pattern" is called hereafter.) shown in drawing 22 (a), it found out that about 2.75 micrometers or more of single-sided tooth spaces s were required. In order to generate the slanting electric field for obtaining radial dip orientation about the upper conductive layer 14 which, on the other hand, has the pattern (a "negative-mold pattern" is called hereafter.) shown in drawing 22 (b), it found out that about 2.25 micrometers or more of single-sided tooth spaces s were required. The rate of surface ratio of solid section 14b when changing the value of a pitch p was examined by making the single-sided tooth space s into this lower limit, respectively. A result is shown in a table 1 and drawing 22 R> 2 (c).

[A table 1]

Pitch p (micrometer) Solid aspect product ratio (%)

Pitch p (micrometer)	Positive type (a)	Negative mold (b)
20	41.3	52.9
25	47.8	47.2
30	52.4	43.3
35	55.8	40.4
40	58.4	38.2
45	60.5	36.4
50	62.2	35.0

When a pitch p is about 25 micrometers or more so that a table 1 and drawing 22 (c) may show, the rate of surface ratio of solid section 14b becomes [ the direction of a positive type ( drawing 22 (a)) pattern ] high. If it becomes shorter than about 25 micrometers, the rate of surface ratio of solid section 14b will become [ the direction of a negative mold ( drawing 22 (b)) ] large.

Therefore, the pattern which a pitch p should adopt bordering on about 25 micrometers changes from a viewpoint of display brightness and the stability of orientation. For example, the positive type pattern shown in drawing 22 (a) when three or less unit lattices were prepared crosswise [ of the upper conductive layer 14 with a width of face of 75 micrometers ] is desirable, and when preparing four or more unit lattices, the negative-mold pattern shown in drawing 22 (b) is desirable. What is necessary is just to choose any of a positive type or a negative mold they are so that the rate of surface ratio of solid section 14b may become large in other than the illustrated pattern.

[0145] The number of unit lattices is called for as follows. To the width of face (width or length) of the upper conductive layer 14, the size of a unit lattice is calculated, a solid aspect product ratio is calculated about each unit-lattice size, and the unit-lattice size from which a solid aspect product ratio serves as max is chosen so that the unit lattice of one or two or more integer individuals may be arranged. However, in the case of a positive type pattern, if the diameter of opening 14a is set to less than 15 micrometers when the diameters of unit solid section 14b' are less than 15 micrometers and a



negative-mold pattern, the radial dip orientation by which the orientation restraining force by slanting electric field was declined and stabilized will become is hard to be obtained. When the lower limit of these diameters is the case where the thickness of the liquid crystal layer 30 is about 3 micrometers and its thickness of the liquid crystal layer 30 is thinner than this, in addition, the diameter of unit solid section 14b' and opening 14a The lower limit of the diameter of unit solid section 14b' and opening 14a required when the thickness of the liquid crystal layer 30 is thicker than this, in order to obtain stable radial dip orientation as it is still smaller than the above-mentioned lower limit, and to obtain stable radial dip orientation becomes larger than the above-mentioned lower limit. Moreover, in the liquid crystal display of this invention, since the electric field by the lower layer conductive layer act, even if it enlarges the diameter of opening 14a a little from an above-mentioned result, deterioration of display grace is controlled.

[0146] Except the picture element electrode 15 being a two-layer structure electrode which has opening, the configuration of the liquid crystal display of this operation gestalt 1 mentioned above can adopt the same configuration as a well-known vertical orientation mold liquid crystal display, and can manufacture it by the well-known manufacture approach. Here, the formation approach of the picture element electrode of two-layer structure is explained, and others omit. Drawing 1 (a) is referred to again here.

[0147] The deposition process of a transparence conductive layer (typically ITO layer) used as the lower layer conductive layer 12 can be carried out by the well-known manufacture approach. In the process of the conventional liquid crystal display, patterning of this conductive layer is carried out to a predetermined configuration, and let it be a picture element electrode. In the patterning process of the picture element electrode in the manufacture process of the conventional liquid crystal display, patterning of the lower layer conductive layer 12 of the liquid crystal display of this operation gestalt can be carried out. The pattern of a lower layer conductive layer may be the same as a picture element electrode, and is good also as a pattern divided so that it might correspond to opening 14a formed in the upper conductive layer 14. The lower layer conductive layer 12 is connected to the drain electrode of TFT as well as the conventional picture element electrode etc. electrically (it is [ a drain and ] the electrode of this potential substantially).

[0148] the front face of substrate 100a which carried out patterning of the lower layer conductive layer 12 -- the whole surface is covered mostly and a dielectric layer 13 is formed. A dielectric layer 13 can be formed using a transparent photopolymer, for example. A conductive layer is again deposited on a dielectric layer 13. By carrying out patterning of the obtained conductive layer, the upper conductive layer 14 which has opening 14a is formed.

[0149] In addition, the contact hole for connecting the upper conductive layer 14 to the drain electrode of TFT is beforehand formed in the dielectric layer 13. This process can also be performed in a well-known process. What is necessary is just to connect the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12 to the same TFT, as illustrated if the configuration which makes the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12 drive with this potential is adopted. Moreover, when this configuration is adopted, there is also an advantage that the conventional actuation circuit can be used as it is.

[0150] In addition, in order to carry out vertical orientation of the liquid crystal molecule which has a negative dielectric anisotropy typically, the vertical orientation layer (un-illustrating) is formed in the liquid crystal layer 30 side front face of the picture element electrode 15 and a counterelectrode 22. A vertical orientation layer is formed in the viewing area of substrate 100a of printing, after the upper conductive layer 14 which has opening 14a is formed.

[0151] As a liquid crystal ingredient, the nematic liquid crystal ingredient which has a negative dielectric anisotropy is used. Moreover, the liquid crystal display in guest-host mode can also be obtained by adding dichroic coloring matter into the nematic liquid crystal ingredient which has a negative dielectric anisotropy. The liquid crystal display in guest-host mode does not need a polarizing plate.

[0152] (Operation gestalt 2) The structure of one picture element field of liquid crystal display 400B of

the operation gestalt 2 by this invention is explained, referring to drawing 23 (a) and (b). Moreover, in the following drawings, the same reference mark shows the component of the liquid crystal display 400 shown in drawing 11, and the component which has the same function substantially, and the explanation is omitted. Drawing 23 (a) is the plan seen from the substrate normal, and drawing 23 (b) is equivalent to the sectional view which met the 23B-23B' line in drawing 23 (a). Drawing 23 (b) shows typically the condition of not impressing the electrical potential difference to a liquid crystal layer.

[0153] As shown in drawing 23 (a) and (b), liquid crystal display 400B differs from liquid crystal display 400A of the operation gestalt 1 shown in drawing 15 (a) and (b) in the point that TFT substrate 400b has heights 40 inside opening 14a of the upper conductive layer 14. The vertical orientation film (un-illustrating) is prepared in the front face of heights 40. Hereafter, the TFT substrate which has heights 40 inside opening 14a will be shown by reference mark 400b regardless of the structure of heights 40.

[0154] In addition, although liquid crystal display 400B which formed heights 40 in opening 14a of the upper conductive layer 14 of the liquid crystal display 400 shown in drawing 11 is illustrated, it is applicable to other liquid crystal displays of the operation gestalt 1 here.

[0155] As shown in drawing 23 (a), the cross-section configuration of the field inboard of the substrate 11 of heights 40 is the same as the configuration of opening 14a, and abbreviation stellate here. However, the adjoining heights 40 are connected mutually, and they are formed so that unit solid section 14b' may be thoroughly surrounded in an approximate circle form. The cross-section configuration of field inboard vertical to the substrate 11 of these heights 40 is a trapezoid as shown in drawing 23 R> 3 (b). That is, it has 40s of side faces which inclined on the taper square theta (<90 degree) to 40t of top faces parallel to a substrate side, and a substrate side. Since the vertical orientation film (un-illustrating) is formed so that heights 40 may be covered, to liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30, 40s of side faces of heights 40 will have the orientation restraining force of the same direction as the orientation regulation direction by slanting electric field, and they act so that radial dip orientation may be stabilized.

[0156] An operation of these heights 40 is explained referring to drawing 24 (a) - (d), drawing 25 (a), and (b).

[0157] First, the relation between the orientation of liquid crystal molecule 30a and the surface configuration of having a vertical stacking tendency is explained, referring to drawing 24 (a) - (d).

[0158] As shown in drawing 24 (a), orientation of the liquid crystal molecule 30a on a level front face is vertically carried out to a front face according to the orientation restraining force of the front face (typically front face of the vertical orientation film) which has a vertical stacking tendency. Thus, if the electric field expressed with the vertical equipotential line EQ to liquid crystal molecule 30a in a vertical orientation condition to axial bearing of liquid crystal molecule 30a are impressed, it will act on liquid crystal molecule 30a by the probability for the torque which makes it incline in a clockwise rotation or the counter clockwise direction to be equal. Therefore, in the liquid crystal layer 30 in inter-electrode [ of the parallel plate mold arrangement which counters mutually ], liquid crystal molecule 30a which receives the torque of the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a which receives the torque of a direction counter clockwise are intermingled. Consequently, change in the orientation condition according to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 may not take place smoothly.

[0159] If the electric field expressed with the level equipotential line EQ are impressed to liquid crystal molecule 30a which is carrying out orientation vertically to the sloping front face as shown in drawing 24 (b), liquid crystal molecule 30a inclines in the direction (the example of a graphic display clockwise rotation) with few amounts of dip for becoming the equipotential line EQ and parallel. Moreover, as shown in drawing 24 (c), liquid crystal molecule 30a which is carrying out orientation vertically to the level front face inclines in the same direction (clockwise rotation) as liquid crystal molecule 30a located on the sloping front face so that liquid crystal molecule 30a and orientation which are carrying out orientation vertically to the sloping front face may become continuously (it has consistency like).



[0160] As shown in drawing 24 (d), liquid crystal molecule 30a on a top face and a base carries out orientation so that it may have consistency with the direction of orientation where a cross section is regulated to the irregularity-like front face where the trapezoid continued by liquid crystal molecule 30a on each sloping front face.

[0161] The liquid crystal display of this operation gestalt stabilizes radial dip orientation by making in agreement the direction of the orientation restraining force by the configuration (heights) of such a front face, and the orientation regulation direction by slanting electric field.

[0162] Drawing 25 (a) and (b) show the condition of having impressed the electrical potential difference to the liquid crystal layer 30 shown in drawing 23 (b), respectively. Drawing 25 (a) According to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30, the condition (ON initial state) that the orientation of liquid crystal molecule 30a began to change is shown typically, and drawing 25 (b) shows typically the condition that the orientation of liquid crystal molecule 30a which changed according to the impressed electrical potential difference reached the steady state. The curve EQ in drawing 25 (a) and (b) shows the equipotential line EQ.

[0163] When the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12, and a counterelectrode 22 are these potentials (condition that the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30), as shown in drawing 23 (b), orientation of the liquid crystal molecule 30a in a picture element field is vertically carried out to the front face of both the substrates 11 and 21. At this time, orientation of the liquid crystal molecule 30a which touches the vertical orientation film (un-illustrating) of 40s of side faces of heights 40 is vertically carried out to 40s of side faces, and liquid crystal molecule 30a near the 40s of the side faces takes the sloping orientation, as the interaction (elasticity property as a continuum) with surrounding liquid crystal molecule 30a illustrated.

[0164] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the electric potential gradient expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 25 (a), will be formed. Within the liquid crystal layer 30 located between solid section 14b of the upper conductive layer 14, and a counterelectrode 22, this equipotential line EQ To the front face of solid section 14b and a counterelectrode 22, it is parallel and falls in the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14. In the liquid crystal layer 30 on the edge section (inside circumference of opening 14a including the boundary (extension) of opening 14a) EG of opening 14a, the slanting electric field expressed with the potential line EQ, such as having inclined, are formed. Moreover, the electric field expressed with the liquid crystal layer 30 of the field which is not influenced of the potential of the upper conductive layer 14 with the lower layer conductive layer 12 and the equipotential line EQ parallel to the front face of a counterelectrode 22 are generated in the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14.

[0165] By this slanting electric field, as mentioned above, as the arrow head showed in drawing 25 (a), in the right-hand side edge section EG in drawing, it carries out in the direction of a clockwise rotation, and liquid crystal molecule 30a on the edge section EG inclines in the counter clockwise direction in the left-hand side edge section EG in drawing, respectively (revolution), and carries out orientation to the equipotential line EQ at parallel. The orientation regulation direction by this slanting electric field is the same as the orientation regulation direction by 40s of side faces in which it is located in each edge section EG.

[0166] If change of the orientation which begins from liquid crystal molecule 30a located on [, such as having inclined, ] the potential line EQ progresses and a steady state is reached as mentioned above, it will be in the orientation condition typically shown in drawing 25 (b). Liquid crystal molecule 30a located near the center of opening 14a (i.e., near the center of 40t of top faces of heights 40) Since it is influenced almost equally of the orientation of liquid crystal molecule 30a of the edge section EG of the both sides which counter mutually [ opening 14a ] Liquid crystal molecule 30a of a field which maintained the vertical orientation condition to the equipotential line EQ, and is distant from the center of opening 14a (40t of top faces of heights 40) It inclines in response to the effect of the orientation of

liquid crystal molecule 30a of the edge section EG of the respectively nearer one, and symmetrical dip orientation is formed about the core SA of opening 14a (40t of top faces of heights 40). Moreover, also in the field corresponding to unit solid section 14b' surrounded substantially, symmetrical dip orientation is formed about the core SA of unit solid section 14b' by opening 14a and heights 40.

[0167] Thus, also in liquid crystal display 400B of the operation gestalt 2, the liquid crystal domain which has radial dip orientation is formed like liquid crystal display 400A of the operation gestalt 1 corresponding to opening 14a and unit solid section 14b' (refer to drawing 16 (c)). Since heights 40 are formed so that unit solid section 14b' may be thoroughly surrounded in an approximate circle form, a liquid crystal domain is formed corresponding to the field of the approximate circle form surrounded by heights 40. Furthermore, since the side face of heights 40 established inside opening 14a acts so that liquid crystal molecule 30a near edge section EG of opening 14a may be made to incline in the same direction as the direction of orientation by slanting electric field, it stabilizes radial dip orientation.

[0168] It acts on slanting electric field with orientation restraining force being natural only at the time of electrical-potential-difference impression, but the strength is dependent on field strength (magnitude of applied voltage). therefore, field strength -- being weak (that is, applied voltage being low) -- when the orientation restraining force by slanting electric field is weak and external force joins a liquid crystal panel, radial dip orientation may collapse by floating of a liquid crystal ingredient Unless only the electrical potential difference which will once generate the slanting electric field which demonstrate orientation restraining force strong enough if radial dip orientation collapses is impressed, radial dip orientation is not restored. On the other hand, the orientation restraining force by 40s of side faces of heights 40 is dramatically strong as it acts regardless of applied voltage and is known as anchoring effectiveness of the orientation film. Therefore, even if floating of a liquid crystal ingredient arises and radial dip orientation once collapses, liquid crystal molecule 30a near the 40s of the side faces of heights 40 is maintaining the same direction of orientation as the time of radial dip orientation. Therefore, if floating of a liquid crystal ingredient carries out even a stop, radial dip orientation will be restored easily.

[0169] Thus, in addition to the description which liquid crystal display 400A of the operation gestalt 1 has, liquid crystal display 400B of the operation gestalt 2 has the description of being strong, to external force. Therefore, liquid crystal display 400B is used suitable for PC and PDA with many opportunities to which external force is easy to be impressed and which are carried and used.

[0170] In addition, the advantage that its contribution to the display of the liquid crystal domain formed corresponding to opening 14a will improve if heights 40 are formed using a dielectric with high transparency is acquired. On the other hand, if heights 40 are formed using an opaque dielectric, the advantage that the optical leakage resulting from the retardation of liquid crystal molecule 30a which is carrying out dip orientation by 340s of side faces of heights 40 can be prevented will be acquired. The application of a liquid crystal display etc. responds and any are adopted should just determine. When a photopolymer is used in any case, there is an advantage which can simplify the process which carries out patterning corresponding to opening 14a. In order to acquire sufficient orientation restraining force, when the thickness of the liquid crystal layer 30 is about 3 micrometers, as for the height of heights 40, it is desirable that it is in the range which is about 0.5 micrometers - about 2 micrometers. Generally, as for the height of heights 40, it is desirable that it is within the limits of about 1 of thickness of liquid crystal layer 30/6 - abbreviation 2/3.

[0171] As mentioned above, liquid crystal display 400B has heights 40 inside opening 14a of the upper conductive layer 14, and 40s of side faces of heights 40 has the orientation restraining force of the same direction as the orientation regulation direction by slanting electric field to liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30. The desirable conditions for having the orientation restraining force of the direction as the orientation regulation direction by slanting electric field where 40s of side faces is the same are explained referring to drawing 26 (a) - (c).

[0172] Drawing 26 (a) - (c) shows typically the sectional view of liquid crystal displays 400C, 400D, and 400E, respectively, and is equivalent to drawing 25 (a). liquid crystal displays 400C, 400D, and 400E --

each -- opening 14a -- although it has heights inside at least, the arrangement relation between the heights 40 whole as the one structure and opening 14a differs from liquid crystal display 400B.

[0173] In liquid crystal display 400B mentioned above, as shown in drawing 25 (a), the whole heights 40 as the structure are formed inside opening 14a, and the base of heights 40 is smaller than opening 14a. In liquid crystal display 400C shown in drawing 26 R> 6 (a), in liquid crystal display 400D shown in drawing 26 (b), the base of heights 40A is in agreement with opening 14a, and heights 40B has a larger base than opening 14a, and it is formed so that surrounding solid section (electric conduction film) 14b of opening 14a may be covered. Solid section 14b is not formed on 40s of which [ of these heights 40, 40A, and 40B ] side faces. Consequently, as shown in each drawing, on solid section 14b, the equipotential line EQ is almost flat and falls in opening 14a as it is. Therefore, 40s of side faces of the heights 40A and 40B of liquid crystal displays 400C and 400D demonstrates the orientation restraining force of the same direction as the orientation restraining force by slanting electric field like the heights 40 of liquid crystal display 400B mentioned above, and they stabilize radial dip orientation.

[0174] On the other hand, the base of heights 40C of liquid crystal display 400E shown in drawing 26 (c) is larger than opening 14a, and surrounding solid section 14b of opening 14a is formed on 40s of side faces of heights 40C. It is the effect of solid section 14b formed on 40s of this side face, and a crest is formed in the equipotential line EQ. It has the inclination of the potential line EQ -- the crest of the equipotential line EQ falls in opening 14a -- and objection, and it is shown that the slanting electric field to which this carries out radial dip orientation of the liquid crystal molecule 30a are generating the slanting electric field of the reverse sense. Therefore, in order to have the orientation restraining force of the direction as the orientation regulation direction by slanting electric field where 40s of side faces is the same, it is desirable that solid section (electric conduction film) 14b is not formed on 40s of side faces.

[0175] Next, the cross-section structure which met the 27A-27A' line of heights 40 shown in drawing 23 (a) is explained, referring to drawing 27 .

[0176] having mentioned above -- as -- drawing 23 -- ( -- a -- ) -- having been shown -- heights -- 40 -- a unit -- a solid -- the section -- 14 -- b -- ' -- an approximate circle -- a form -- perfect -- surrounding -- as -- forming -- having -- \*\*\*\* -- since -- adjoining -- a unit -- a solid -- the section -- 14 -- b -- ' -- mutual -- connecting -- a role -- achieving -- \*\*\*\* -- a part (branch prolonged on all sides from the circular section) -- drawing 27 -- having been shown -- as -- heights -- 40 -- a top -- forming -- having . Therefore, in the process which deposits the electric conduction film which forms solid section 14b of the upper conductive layer 14, the danger that an open circuit will arise on heights 40, or exfoliation will arise at an after [ a manufacture process ] process is high.

[0177] Then, like liquid crystal display 400F shown in drawing 28 (a) and (b), if it forms so that heights 40D which became independent in opening 14a, respectively may be contained thoroughly, since it is formed in the flat front face of a substrate 11, the danger of electric conduction film which forms solid section 14b that an open circuit and exfoliation will take place will disappear. In addition, the liquid crystal domain of the approximate circle form corresponding to unit solid section 14b' although not formed like with which heights 40D surrounds unit solid section 14b' thoroughly in an approximate circle form is formed, and the radial dip orientation is stabilized like a previous example.

[0178] By forming heights 40 in opening 14a, the effectiveness of stabilizing radial dip orientation cannot be restricted to opening 14a of the illustrated pattern, but can be similarly applied to opening 14a of all the patterns explained with the operation gestalt 1, and can acquire the same effectiveness. In addition, in order to fully demonstrate the orientation stabilization effect over the external force by heights 40, as for the pattern (it is a pattern when it sees from a substrate normal) of heights 40, it is desirable that it is the configuration which surrounds the liquid crystal layer 30 of the largest possible field. The orientation stabilization effect according [ the direction of the positive type pattern which has circular unit solid section 14b' ] to heights 40 is larger than the negative-mold pattern which follows, for example, has circular opening 14a.

[0179] (Operation gestalt 3) In the liquid crystal display of the above-mentioned operation gestalt 1 By countering mutually through the liquid crystal layer 30, using as a two-layer structure electrode one electrode of the picture element electrodes 15 and counterelectrodes 22 which specify a picture element field (the case of the picture element electrode 15 having been illustrated), and preparing opening 14a in the upper conductive layer 14 Slanting electric field were made to generate at the time of electrical-potential-difference impression, and radial dip orientation of the liquid crystal molecule was carried out using this slanting electric field. The liquid crystal display of the operation gestalt 2 stabilized radial dip orientation by preparing heights in opening 14a of the upper conductive layer 14.

[0180] This operation gestalt 3 explains the liquid crystal display which equips with the further orientation regulation structure a different substrate (the above-mentioned example opposite substrate) from the substrate (the above-mentioned example TFT substrate) in which the two-layer structure electrode was formed. In the following explanation, the further orientation regulation structure prepared in the side which differs the electrode structure of realizing radial dip orientation from the 1st orientation regulation structure to the 1st orientation regulation structure, a call, and a liquid crystal layer by the slanting electric field mentioned above will be called the 2nd orientation regulation structure.

[0181] Next, the concrete structure and a concrete operation of the 2nd orientation regulation structure are explained. The case where the 1st orientation regulation structure is prepared in a TFT substrate, and the 2nd orientation regulation structure is prepared in the opposite substrate along with old explanation is explained.

[0182] Drawing 29 (a) Opposite substrate 200b which has the 2nd orientation regulation structure 28 in - (e) is shown typically. A common reference mark is substantially given to the same component with an above-mentioned liquid crystal display, and the explanation is omitted here.

[0183] Drawing 29 (a) The 2nd orientation regulation structure 28 shown in - (e) acts so that radial dip orientation of the liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30 may be carried out. However, the directions which make liquid crystal molecule 30a incline differ with the orientation regulation structure 28 shown in the orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (a) - (d), and drawing 29 (e).

[0184] Drawing 29 (a) The dip direction of the liquid crystal molecule by the 2nd orientation regulation structure 28 shown in - (d) is adjusted with the direction of orientation of the radial dip orientation of the liquid crystal domain formed in the field corresponding to unit solid section 14b' (for example, refer to drawing 11 (c)) of the upper conductive layer 14 of the 1st orientation regulation structure. On the other hand, the dip direction of the liquid crystal molecule by the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (e) is adjusted with the direction of orientation of the radial dip orientation of the liquid crystal domain formed in the field corresponding to opening 14a (for example, refer to drawing 11 (c)) of the upper conductive layer 14 of the 1st orientation regulation structure.

[0185] The 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (a) is constituted by opening 22a of a counterelectrode 22 prepared in the location which counters the upper conductive layer 14 (for example, unit solid section 14b' of drawing 15 (a)). In addition, the vertical orientation film (un-illustrating) is prepared in the front face by the side of the liquid crystal layer 30 of opposite substrate 200b.

[0186] This 2nd orientation regulation structure 28 discovers orientation restraining force as well as the above-mentioned 1st orientation regulation structure only at the time of electrical-potential-difference impression. Since the 2nd orientation regulation structure 28 should just act orientation restraining force to the liquid crystal molecule in the liquid crystal domain which takes the radial dip orientation formed of the 1st orientation regulation structure, the magnitude of opening 22a is smaller than opening 14a prepared in the upper conductive layer 14, and it is smaller than unit solid section 14b' (for example, refer to drawing 15 (a)) surrounded by opening 14a. [ of magnitude ] For example, effectiveness sufficient in below one half of the area of opening 14a or unit solid section 14b' can be acquired. By preparing opening 22a of a counterelectrode 22 in the location which counters the center section of unit

solid section 14b' of the upper conductive layer 14, the continuity of the orientation of a liquid crystal molecule becomes high, and the location of the medial axis of radial dip orientation can be fixed.

[0187] Thus, if the structure which discovers orientation restraining force is adopted as 2nd orientation regulation structure only at the time of electrical-potential-difference impression, since almost all liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30 will take a vertical orientation condition in electrical-potential-difference the condition of not impressing, when normally black mode is adopted, a black display condition sets, and optical leakage hardly occurs but can realize the display of a good contrast ratio.

[0188] However, an after-image may be checked by looking when radial dip orientation is not formed since orientation restraining force does not occur in the electrical-potential-difference condition of not impressing, and not much big stress is impressed to a liquid crystal panel, since orientation restraining force is small when applied voltage is low.

[0189] Drawing 29 (b) Since the 2nd orientation regulation structure 28 shown in - (d) is not concerned with no impression impressing [ of an electrical potential difference ] but discovers orientation restraining force, the radial dip orientation stabilized in all display gradation is obtained, and it is excellent also in the resistance over stress.

[0190] First, the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (b) has heights 22b which projected on the counterelectrode 22 at the liquid crystal layer 30 side. Although there is especially no limit in the ingredient which forms heights 22b, it can form easily using dielectric materials, such as resin. In addition, the vertical orientation film (un-illustrating) is prepared in the front face by the side of the liquid crystal layer 30 of opposite substrate 200b. Heights 22b carries out dip orientation of the liquid crystal molecule 30a to a radial according to the size effect of the front face (it has a vertical stacking tendency). moreover, a gently-sloping hill when the resin ingredient which deforms with heat was used, as shown in drawing 29 (b) by heat treatment after patterning -- since heights 22b which has the upper cross-section configuration can be formed easily, it is desirable. As illustrated, the heights which have heights 22b which has the gently-sloping cross-section configuration (for example, some balls) which has top-most vertices, and a conic configuration are excellent in the effectiveness which fixes the center position of radial dip orientation.

[0191] The 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (c) is constituted by the level stacking tendency front face by the side of the liquid crystal layer 30 in opening (crevice is sufficient) 23a prepared in the dielectric layer 23 formed in the bottom of a counterelectrode 22 (substrate 21 side). Here, the front face in opening 23a is used as the level stacking tendency front face by not forming the vertical orientation film 24 formed in the liquid crystal layer 30 side of opposite substrate 200b only in opening 23a. It may replace with this, and as shown in drawing 29 (d), the level orientation film 25 may be formed only in opening 23a.

[0192] once forming the vertical orientation film 24 all over opposite substrate 200b, and the level orientation film shown in drawing 29 (d) irradiating ultraviolet rays selectively at the vertical orientation film 24 which exists in opening 23a, and reducing a vertical stacking tendency -- you may form. A level stacking tendency required since the 2nd orientation regulation structure 28 is constituted does not need to have so small a pre tilt angle as the orientation film used for the TN liquid crystal indicating equipment, for example, a pre tilt angle should just be 45 degrees or less.

[0193] On the level stacking tendency front face in opening 23a, as shown in drawing 29 (c) and (d), since liquid crystal molecule 30a tends to carry out orientation horizontally to a substrate side, the orientation of liquid crystal molecule 30a which is carrying out vertical orientation of [ on the surrounding vertical orientation film 24 ], and orientation which maintains a continuity are formed, and radial dip orientation which was illustrated is obtained.

[0194] Preparing selectively level stacking tendency front faces (a front face or level orientation film of an electrode etc.) on the flat front face of a counterelectrode 22, without establishing a crevice (formed of opening of a dielectric layer 23) in the front face of a counterelectrode 22 can also stabilize radial dip

orientation further according to the size effect of a crevice, although radial dip orientation is obtained. [0195] In order to form a crevice in the front face by the side of the liquid crystal layer 30 of opposite substrate 200b, if the overcoat layer of a light filter layer or a light filter layer is used, since a process will not increase, it is desirable as a dielectric layer 23. Moreover, since the field where an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30 through heights 22b does not exist like the structure shown in drawing 29 (a), the structure shown in drawing 29 (c) and (d) has little decline in the utilization effectiveness of light.

[0196] Like the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (d), using opening 23a of a dielectric layer 23, the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (e) forms a crevice in the liquid crystal layer 30 side of opposite substrate 200b, and forms the level orientation film 26 only in the pars basilaris ossis occipitalis of the crevice. Instead of forming the level orientation film 26, as shown in drawing 29 (c), the front face of a counterelectrode 22 may be exposed.

[0197] Liquid crystal display 400G [ equipped with the 1st orientation regulation structure and the 2nd orientation regulation structure which were mentioned above ] are shown in drawing 30 (a) and (b). Drawing 30 (a) is a plan and drawing 30 (b) is equivalent to the sectional view which met the 22B-22B' line in drawing 30 (a).

[0198] Liquid crystal display 400G have TFT substrate 400a which has the upper conductive layer 14 which has opening 14a which constitutes the 1st orientation regulation structure, and opposite substrate 200b which has the 2nd orientation regulation structure 28. In addition, the 1st orientation regulation structure is not restricted to the configuration illustrated here, but the various configurations mentioned above can be suitably used for it. Moreover, although what discovers orientation restraining force also at the time of no electrical-potential-difference impressing ( drawing 29 (b) - (d) and drawing 29 (e) ) is illustrated as 2nd orientation regulation structure 28, it can replace with the 1st orientation regulation structure shown in drawing 29 (b) - (d), and what was shown in drawing 29 (a) can also be used.

[0199] The inside of the 2nd orientation regulation structure 28 prepared in opposite substrate 200b of liquid crystal display 400G, The 2nd orientation regulation structure 28 established near the center of the field which counters solid section 14b of the upper conductive layer 14 Drawing 29 (b) Although shown in - (d), it is either, and the 2nd orientation regulation structure 28 established near the center of the field which counters opening 14a of the upper conductive layer 14 is shown in drawing 29 (e).

[0200] Thus, by arranging, the direction of the direction of the radial dip orientation formed of the 1st orientation regulation structure in the condition which impressed the electrical potential difference to the liquid crystal layer 30, i.e., the condition of having impressed the electrical potential difference between the upper conductive layer 14 and the counterelectrode 22, and the radial dip orientation formed of the 2nd orientation regulation structure 28 has consistency, and radial dip orientation is stable. This situation is typically shown in drawing 30 (a) - (c). Drawing 30 (a) shows the time of no electrical-potential-difference impressing, drawing 30 (b) shows the condition (ON initial state) that orientation began to change after electrical-potential-difference impression, and drawing 30 (c) shows typically the steady state under electrical-potential-difference impression.

[0201] As shown in drawing 31 (a), also in electrical-potential-difference the condition of not impressing, the orientation restraining force by the 2nd orientation regulation structure ( drawing 29 (b) - (d) ) acts on nearby liquid crystal molecule 30a, and forms radial dip orientation.

[0202] If it begins to impress an electrical potential difference, the electric field shown with the equipotential line [ like ] EQ shown in drawing 31 (b) will occur (based on the 1st orientation regulation structure), the liquid crystal domain liquid crystal molecule 30a carried out [ the domain ] radial dip orientation will be formed in the field corresponding to opening 14a and solid section 14b, and a steady state as shown in drawing 31 (c) will be reached. At this time, the dip direction of liquid crystal molecule 30a in each liquid crystal domain is in agreement with the dip direction of liquid crystal molecule 30a by the orientation restraining force of the 2nd orientation regulation structure 28 prepared in the corresponding field.



[0203] If stress is impressed to liquid crystal display 400G in a steady state, the radial dip orientation of the liquid crystal layer 30 will once collapse, but if stress is removed, since the orientation restraining force by the 1st orientation regulation structure and the 2nd orientation regulation structure will act on liquid crystal molecule 30a, it returns to a radial dip orientation condition. Therefore, generating of the after-image by stress is controlled. Although there is a possibility of the retardation by radial dip orientation occurring and falling the contrast ratio of a display also at the time of no electrical-potential-difference impressing when the orientation restraining force by the 2nd orientation regulation structure 28 is too strong. Since the orientation restraining force by the 2nd orientation regulation structure 28 should just have the effectiveness which fixes the stabilization and the medial-axis location of radial dip orientation which are formed of the 1st orientation regulation structure. It is unnecessary and the orientation restraining force of extent which does not generate a retardation to the extent that display grace is reduced is enough as strong orientation restraining force.

[0204] For example, when adopting heights 22b shown in drawing 29 (b), height (thickness) will be stopped by about 15 micrometers by the level in which sufficient orientation restraining force is acquired and lowering of the contrast ratio by the retardation does not have a problem practically, either, respectively, if a diameter forms heights 22b which is about 1 micrometer to unit solid section 14b' whose diameter is about 30 micrometers – about 35 micrometers.

[0205] Other liquid crystal display 400H which equip drawing 32 (a) and (b) with the 1st orientation regulation structure and the 2nd orientation regulation structure are shown. It is the sectional view where drawing 32 (a) met the plan and drawing 32 (b) met the 32B–32B' line of drawing 32 (a).

[0206] Liquid crystal display 400H do not have the 2nd orientation regulation structure in the field which counters opening 14a of the upper conductive layer 14 of TFT substrate 400a. Since it is accompanied by the difficulty on a process, as for forming the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (e) which should be formed in the field which counters opening 14a, it is desirable to use only either of the 2nd orientation regulation structures 28 shown in drawing 29 (a) – (d) from a viewpoint of productivity. Since especially the 2nd orientation regulation structure 28 shown in drawing 29 (b) can be manufactured in a simple process, it is desirable.

[0207] Like liquid crystal display 400H, even if it does not prepare the 2nd orientation regulation structure in the field corresponding to opening 14a, as typically shown in drawing 33 (a) – (c), the same radial dip orientation as liquid crystal display 400G is obtained, and the stress-proof nature is also satisfactory practically.

(Operation gestalt 4) The dielectric layer by which the liquid crystal display of this operation gestalt was formed between the upper conductive layer of a picture element electrode and the lower layer conductive layer has a hole (hole) or a crevice in opening of the upper conductive layer. That is, the picture element electrode of the two-layer structure of the liquid crystal display of this operation gestalt has the structure (the crevice was formed) where the structure (the hole was formed) where all of dielectric layers that are located in opening of the upper conductive layer were removed, or a part was removed.

[0208] First, the structure of a liquid crystal display 500 and actuation equipped with the picture element electrode with which the hole was formed in the dielectric layer are explained, referring to drawing 34.

[0209] The upper conductive layer 14 of the picture element electrode 15 has opening 13a formed corresponding to opening 14a which the upper conductive layer 14 has [ the dielectric layer 13 prepared between the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14 ] while having opening 14a, and, as for the liquid crystal display 500, the lower layer conductive layer 12 is exposed in opening 13a. Generally the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13 is formed in the shape of a taper (taper angle:  $\theta$ ). Except for the dielectric layer 13 having opening 13a, the liquid crystal display 500 has the same structure substantially with the liquid crystal display 100 of the operation gestalt 1, and the picture element electrode 15 of two-layer structure acts like the picture element

electrode 15 of a liquid crystal display 100 substantially, and it makes the liquid crystal layer 30 a radial dip orientation condition at the time of electrical-potential-difference impression.

[0210] Actuation of a liquid crystal display 500 is explained referring to drawing 34 (a) – (c). Drawing 34 (a) – (c) corresponds to drawing 1 [ about the liquid crystal display 100 of the operation gestalt 1 ] (a) – (c), respectively.

[0211] As shown in drawing 34 (a), at the time (OFF condition) of no electrical-potential-difference impressing, orientation of the liquid crystal molecule 30a in a picture element field is vertically carried out to the front face of both the substrates 11 and 21. Here, the orientation restraining force by the side attachment wall of opening 13a is disregarded and explained for simplicity.

[0212] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the electric potential gradient expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 34 (b), will be formed. Dip electric field are formed like the electric potential gradient shown also in the liquid crystal layer 30 of a liquid crystal display 500 at drawing 1 (b) so that what is fallen in the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14 (the "trough" is formed.) may show the equipotential line EQ. However, since the dielectric layer 13 of the picture element electrode 15 has opening 13a to the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14, the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 of a field [ / in opening 14a (inside of opening 13a) ] is the potential difference of the lower layer conductive layer 12 and a counterelectrode 22 itself, and the voltage drop (capacitive component rate) by the dielectric layer 13 does not generate it. That is, the seven equipotential lines illustrated between the upper conductive layer 14 and the counterelectrode 22 cover the liquid crystal layer 30 whole, it is seven (as opposed to one of the five equipotential lines EQ having invaded into a dielectric layer 13 in drawing 1 (b)), and the whole picture element field is covered and a fixed electrical potential difference is impressed.

[0213] Thus, by forming opening 13a in a dielectric layer 13, the same electrical potential difference as the liquid crystal layer 30 corresponding to other fields is impressed, and the thing of it can be carried out also to the liquid crystal layer 30 corresponding to opening 13a. However, since the thickness of the liquid crystal layer 30 to which an electrical potential difference is impressed changes with locations in a picture element field, change of the retardation at the time of electrical-potential-difference impression changes with locations, and if the extent is remarkably large, the problem that display grace falls will occur.

[0214] In the configuration shown in drawing 34 , the thickness d1 of the liquid crystal layer 30 on the upper conductive layer (except opening 14a) 14 differs from the thickness d2 of the liquid crystal layer 30 on the lower layer conductive layer 12 located in opening 14a (and opening 13a) by the thickness of a dielectric layer 13. When the liquid crystal layer 30 of thickness d1 and the liquid crystal layer 30 of thickness d2 are driven in the same electrical-potential-difference range, the variation of the retardation accompanying orientation change of the liquid crystal layer 30 differs mutually in response to the effect of the thickness of each liquid crystal layer 30. In the design which thought display grace as important when the relation between applied voltage and the amount of retardations of the liquid crystal layer 30 changed remarkably with locations, permeability falls victim, if permeability is thought as important, the color temperature of a white display will shift and the problem that display grace falls victim will occur. Therefore, when using a liquid crystal display 500 as a transparency mold liquid crystal display, the thinner one of the thickness of a dielectric layer 13 is good.

[0215] Next, the dielectric layer of a picture element electrode shows the cross-section structure of one picture element field of a liquid crystal display 600 of having a crevice to drawing 35 R> 5.

[0216] The dielectric layer 13 which constitutes the picture element electrode 15 of a liquid crystal display 600 has crevice 13b corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14. Other structures have the same structure substantially with the liquid crystal display 500 shown in drawing 34.

[0217] In a liquid crystal display 600, since the dielectric layer 13 located in opening 14a of the upper conductive layer 14 which the picture element electrode 15 has is not removed thoroughly, its thickness



d3 of the liquid crystal layer 30 located in opening 14a is thinner than the thickness d2 of the liquid crystal layer 30 located in opening 14a in a liquid crystal display 500 by the thickness of the dielectric layer 13 in crevice 13b. Moreover, since the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located in opening 14a receives the voltage drop (capacitive component rate) by the dielectric layer 13 in crevice 13b, it becomes lower than the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 on the upper conductive layer (field except opening 14a) 14. Therefore, by adjusting the thickness of the dielectric layer 13 in crevice 13b It controls making a mistake in the relation by the difference in the amount of retardations resulting from the difference in the thickness of the liquid crystal layer 30, and the location of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 (the amount of lowering of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer in opening 14a). The relation between applied voltage and a retardation can be prevented from being dependent on the location in a picture element field. More strictly, by adjusting the rate of a birefringence of a liquid crystal layer, the thickness of a liquid crystal layer, the dielectric constant of a dielectric layer and dielectric layer thickness, and the thickness (depth of a crevice) of the crevice of a dielectric layer, relation between applied voltage and a retardation can be made into homogeneity in the location in a picture element field, and a high-definition display is attained. There is an advantage by which reduction (decline in the utilization effectiveness of light) of the permeability by the lowering of an electrical potential difference by which a front face is especially impressed to the liquid crystal layer 30 of the field corresponding to opening 14a of the upper conductive layer 14 as compared with the transparency mold display which has a flat dielectric layer is controlled.

[0218] Although above-mentioned explanation explained the case where the same electrical potential difference as the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12 which constitute the picture element electrode 15 was supplied, it can increase the variation of the configuration of the liquid crystal display in which the configuration which impresses an electrical potential difference which is different in the lower layer conductive layer 12 and the upper conductive layer 14, then the display without display unevenness are possible. For example, it can prevent that the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 changes with locations in a picture element field by impressing the electrical potential difference high by the voltage drop by the dielectric layer 13 to the lower layer conductive layer 12 rather than the electrical potential difference impressed in the configuration which has a dielectric layer 13 at the upper conductive layer 14 in opening 14a of the upper conductive layer 14.

[0219] Also in the liquid crystal displays 500 and 600 of this operation gestalt 4, in an operation of the slanting electric field produced with the picture element electrode 15 of the two-layer electrode structure equipped with the upper conductive layer 14 which has opening 14a like the liquid crystal display 100 of the operation gestalt 1, dip orientation is carried out from liquid crystal molecule 30a of the edge section of opening 14a, and the liquid crystal layer 30 in a picture element field will be in a radial dip orientation condition focusing on opening 14a. Explanation of the phenomenon in which radial dip orientation is formed is omitted here.

[0220] The structure of the picture element electrode of the liquid crystal display of this operation gestalt is explained in more detail, referring to drawing 36. Drawing 36 (a) and (b) are the typical sectional views expanded near the picture element electrode. Drawing 36 (a) shows the picture element electrode structure where the upper conductive layer 14 is not formed to the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13, and drawing 36 (b) shows the picture element electrode structure where the upper conductive layer 14 is formed also on the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13.

[0221] The structure which the liquid crystal displays 500 and 600 shown in drawing 34 and drawing 35 which were mentioned above have and which was shown in drawing 36 (a) is more desirable than the picture element electrode structure shown in drawing 36 (b). It is because the dip of slanting electric field where the direction of the picture element electrode structure shown in drawing 36 (a) is generated

by the edge section of opening 14a of the upper conductive layer 14 is enabled to carry out dip orientation of the liquid crystal molecule 30a near the edge section to stability more strongly (for a tilt angle to be ) consequently (in most important direction). Since a part of the equipotential line EQ in opening 14a invades into the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13, it becomes stronger [ the dip in the edge section of opening 14a of the equipotential line EQ ] than the dip of a side attachment wall, so that the equipotential line EQ in drawing 36 (a) may show. therefore, liquid crystal molecule 30a by which orientation regulation is carried out at right angles to the front face (on the vertical orientation film (un-illustrating) formed on the side face) of the side attachment wall of opening 13a can be made to incline uniquely (the example of a graphic display -- the counter clockwise direction) Moreover, in order for liquid crystal molecule 30a on the side attachment wall of opening 13a to incline in the most important direction by slanting electric field so that drawing 36 (a) may show (revolution), the smaller one of the tilt angle  $\theta$  of a side attachment wall is desirable.

[0222] On the other hand, since the equipotential line EQ will become in parallel with the front face of the upper conductive layer 14 on a side attachment wall as shown in the equipotential line EQ in drawing 36 (b) if the upper conductive layer 14 is formed on the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13, the dip of the potential line EQ -- it can set in the edge section of opening 14a -- becomes looser than the dip of a side attachment wall. Therefore, since the equipotential line EQ intersects perpendicularly to liquid crystal molecule 30a by which orientation regulation is carried out at right angles to the front face (on the vertical orientation film (un-illustrating) formed on the upper conductive layer) of the side attachment wall of opening 13a of a dielectric layer 13, the problem that the direction where liquid crystal molecule 30a inclines is not decided uniquely may occur. In addition, in order to connect electrically the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12, a part of upper conductive layer 14 may be put on a part of lower layer conductive layer 12. In this case, the need of preparing separately the contact hole for connecting electrically the upper conductive layer 14 and the lower layer conductive layer 12 is lost. A numerical aperture can be improved in the reflective mold liquid crystal display using the upper conductive layer 14 especially formed on the flat front face (top face) of a dielectric layer 13 as a reflector (reflecting layer).

[0223] The above-mentioned explanation about the structure where a dielectric layer 13 has opening 13a is applied also to the configuration in which a dielectric layer 13 has crevice 13b.

[0224] Although the upper conductive layer 14 illustrated the liquid crystal display which equipped the picture element field with the picture element electrode which has one opening 14a as a liquid crystal display of this operation gestalt, this operation gestalt is not restricted to the above-mentioned example, but can be applied to the liquid crystal display which has two or more opening 14a for every picture element field. The configuration which the upper conductive layer 14 mentioned above does the opening 14a response of, and forms opening 13a or crevice 13b in a dielectric layer 13 is applicable to all the liquid crystal displays explained as an operation gestalt 1.

[0225] (Operation gestalt 5) One picture element field of the liquid crystal display 700 of the operation gestalt 5 is typically shown in drawing 37 . Drawing 37 R> 7 (a) is the sectional view of a liquid crystal display 700, and drawing 37 (b) is the top view of a liquid crystal display 700. Drawing 37 (a) is equivalent to the sectional view which met the 37A-37A' line in drawing 37 (b). Since the liquid crystal display 700 has the same structure substantially with the liquid crystal display 500 of the operation gestalt 4 except that the lower layer conductive layer 12 has opening 12a further, explanation of common structure is omitted here.

[0226] The lower layer conductive layer of the picture element electrode 15 of a liquid crystal display 700 has opening 12a in the field exposed in opening 13a of a dielectric layer 13. As shown in drawing 37 (b), circular opening 13a of a dielectric layer 13 is prepared corresponding to circular opening 14a prepared in the center of a picture element field, i.e., the center section of the upper conductive layer 14. There is opening 12a currently formed in the lower layer conductive layer 12 exposed in opening 13a of a dielectric layer 13 in the center of opening 14a and opening 13a.

[0227] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30 of this liquid crystal display 700, the electric field expressed with the potential line EQ, such as having been shown in drawing 37 (a), will occur. The potential line EQ, such as having fallen in the edge section EG of opening 14a of the upper conductive layer 14, falls further within opening 12a of the lower layer conductive layer 12.

[0228] Since slanting electric field are formed also in the edge section of opening 12a of the lower layer conductive layer 12, orientation change of liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal layer 30 to which the electrical potential difference was impressed. The dip of liquid crystal molecule 30a in the edge section of opening 14a and the edge section of opening 12a serves as a trigger, and takes place, and radial dip orientation is formed focusing on liquid crystal molecule 30a in the condition of having carried out orientation vertically at the core of opening 12a. Thus, since the location of the radial dip orientation of liquid crystal molecule 30a in opening 14a is correctly controllable to stability by preparing opening 12a in the center of the lower layer conductive layer 12 in the location which counters opening 14a in addition to opening 14a of the upper conductive layer 14, a speed of response can both be improved as if radial dip orientation is further stable.

[0229] In addition, since an electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 30 corresponding to opening 12a, as for opening 12a, it is desirable that it is not large. It is desirable that it is 8 micrometers or less typically. What is necessary is just to form it in one core of every opening 14a, since what is necessary is to form opening 12a only in the core of radial dip orientation. It is the same as having mentioned above about opening 14a that the configuration of opening 12a is not restricted circularly, but an ellipse and a polygon may be used.

[0230] Although the operation of opening 12a was explained about the configuration which formed opening 13a in the dielectric layer 13, it can use, when using for a dielectric layer 13 the case (drawing 35) where crevice 13b is formed, and the flat dielectric layer 13 (for example, drawing 1). That is, the lower layer conductive layer 12 of the picture element electrode 15 which explained the liquid crystal display 700 to the example can combine suitably the configuration which has opening 12a to the field which counters opening 14a of the upper conductive layer 14 with the liquid crystal display of the operation gestalten 1 and 2 mentioned above. However, opening 12a is small (typically diameter of 8 micrometers or less) one, and sufficient effectiveness may not be acquired when the dielectric layer 13 on opening 12a is thick.

[0231] (Application to the mold liquid crystal display both for transparency reflective) The mold liquid crystal display both for transparency reflective (it abbreviates to "the mold liquid crystal display in two ways" hereafter) points out the liquid crystal display which has the transparency field which displays by the transparent mode in a picture element field, and the reflective field which displays in reflective mode. Typically, a transparency field and a reflective field are prescribed by a transparent electrode and the reflector. It can replace with a reflector and the combined structure of a reflecting layer and a transparent electrode can also prescribe a reflective field.

[0232] This mold liquid crystal display in two ways can also be displayed on changing and displaying reflective mode and the transparent mode or coincidence with both display modes. It follows, for example, an ambient light can realize the display in reflective mode under a bright environment, and can realize the display of the transparent mode in a dark environment. Moreover, if both modes are displayed simultaneously, lowering of the contrast ratio seen when an ambient light uses the liquid crystal display of the transparent mode under a bright environment (condition in which the light and the sunlight of a fluorescent lamp carry out incidence to the screen at an angle of direct specification) can be controlled. Thus, the fault of a transparency mold liquid crystal display is suppliable. In addition, the ratio of the area of a transparency field and a reflective field may be suitably set up according to the application of a liquid crystal display. Moreover, in the liquid crystal display chiefly used as a transparency mold, even extent which cannot perform a display with reflective mode is suppliable with the fault of the transparency mold liquid crystal display mentioned above, even if it makes small the rate of surface ratio of a reflective field.

[0233] The structure of the mold liquid crystal display in two ways and actuation are explained referring to drawing 38 A, drawing 38 B, and drawing 38 C. The mold liquid crystal display 650 in two ways which indicated the mold liquid crystal display 550 in two ways which indicated the mold liquid crystal display 150 in two ways shown in drawing 38 A to be the liquid crystal display 100 of the operation gestalt 1 to drawing 38 B to be the liquid crystal display 500 of the operation gestalt 4 to drawing 38 C has the same structure fundamentally with the liquid crystal display 600 of the operation gestalt 4, respectively. The mold liquid crystal display in two ways is obtained by not being restricted to these illustrated examples, but making either the upper electrode layer or the lower layer electrode layers into a transparency conductive layer in all the liquid crystal displays explained with the operation gestalten 1, 2, and 3, and making another side into a reflective conductive layer.

[0234] Upper conductive layer 14T of the picture element electrode 15 are formed from the transparency conductive layer, and the liquid crystal display 150 shown in drawing 38 A is formed in the conductive layer and type target which have a light reflex property for lower layer conductive layer 12R from the metal layer. The picture element field specified with the picture element electrode 15 has the transparency field T specified as the reflective field R specified by reflective lower layer conductive layer 12R by transparency upper conductive layer 14T. In addition, if the contribution to the lap of transparency upper conductive layer 14T and reflective lower layer conductive layer 12R and the display of light which carries out incidence aslant to a substrate normal (screen normal) is taken into consideration, although the reflective field R and the transparency field T will lap mutually near [ the ] a boundary, they will be made to distinguish and illustrate both fields from a substrate normal with the display mode by the light which carries out incidence for simplicity.

[0235] Since the fundamental structure of a liquid crystal display 150 is the same as a liquid crystal display 100, a liquid crystal layer is driven similarly substantially. That is, the liquid crystal layer 30 takes the radial dip orientation stabilized according to an operation of the picture element electrode 15 of two-layer structure at the time of electrical-potential-difference impression, and the liquid crystal display excellent in the viewing-angle property is realized.

[0236] Below, the display action of a liquid crystal display 150 is explained.

[0237] When a liquid crystal display 150 is in a white display condition, the light which carries out incidence to the transparency field T carries out sequential passage of a substrate 11, a dielectric layer 13, and transparency upper conductive layer 14T from the back light.(un-illustrating) prepared in the outside (under [ in drawing ]) of TFT substrate 100a, and outgoing radiation is carried out to the opposite substrate 100b side through the liquid crystal layer 30. The light (typically ambient light) which carries out incidence from the opposite substrate 100b side carries out sequential passage of a substrate 21 and the counterelectrode 22, through the liquid crystal layer 30 and a dielectric layer 13, incidence is carried out to reflective lower layer conductive layer 12R, it is reflected in it, it follows the path of reverse, and outgoing radiation is carried out to the opposite substrate 100b side.

[0238] Thus, the light which displays reflective mode passes the liquid crystal layer 30 twice to the light which displays by the transparent mode passing the liquid crystal layer 30 only once. Therefore, if the whole (the transparency field T and the reflective field R) picture element field is covered and the same electrical potential difference is impressed to the uniform liquid crystal layer 30 of thickness (d5) The variation of the retardation which the transmitted light receives by the liquid crystal layer 30, and the variation of the retardation which the reflected light receives from the liquid crystal layer 30 stop being in agreement. The same gradation cannot be simultaneously displayed on the liquid crystal layer 30 by the transmitted light and the reflected light at the time of electrical-potential-difference impression, but the problem that display grace falls occurs.

[0239] However, in the liquid crystal display 150 by this invention, generating of the above-mentioned problem is avoidable so that it may explain below.

[0240] Since the liquid crystal display 150 was equipped with the picture element electrode 15 of two-layer structure, as the liquid crystal display of the operation gestalt 1 was explained, since the electrical

potential difference (electrical potential difference between lower layer conductive layer 12R and a counterelectrode 22) impressed to the liquid crystal layer 30 in the reflective field R receives the voltage drop by the dielectric layer 13, it becomes lower than the electrical potential difference (electrical potential difference between upper conductive layer 14T and a counterelectrode 22) impressed to the liquid crystal layer 30 in the transparency field T. Consequently, there is less retardation change by the liquid crystal layer 30 in the reflective field R than retardation change of the liquid crystal layer 30 in the transparency field T. Therefore, the retardation change by the liquid crystal layer 30 in the transparency field T and the retardation change by the liquid crystal layer 30 in the reflective field R can be close brought by adjusting the dielectric constant and thickness of the rate of a birefringence of the liquid crystal layer 30 and thickness, and a dielectric layer 13. That is, the effect of the optical path length to the retardation of the reflected light can be compensated by adjusting applied voltage.

[0241] If the liquid crystal display 150 of this invention is used as mentioned above, it will become possible to bring mutually the electrical-potential-difference-permeability property of the transparent mode, and the electrical-potential-difference-reflection factor property in reflective mode close, and will excel in an angle-of-visibility property in an omnidirection, and the mold liquid crystal display both for transparency reflective with high visibility will be obtained in all environments.

[0242] Next, the structure of other mold liquid crystal displays 550 in two ways and actuation are explained, referring to drawing 38 B. Upper conductive layer 14R of the picture element electrode 15 of the mold liquid crystal display 550 in two ways is formed from the conductive layer which has a light reflex property, and lower layer conductive layer 12T are formed from the transparence conductive layer. The picture element field specified with the picture element electrode 15 has the transparency field T specified as the reflective field R specified by reflective upper conductive layer 14R by transparence lower layer conductive layer 12T. Since the fundamental configuration of others of the mold liquid crystal display 550 in two ways is the same as that of the liquid crystal display 500 shown in drawing 34, the explanation is omitted here.

[0243] Thickness of the liquid crystal layer 30 in opening 14a of d1 and reflective upper conductive layer 14R and opening 13a of a dielectric layer 13 (namely, inside of the transparency field T) is set to d2 for the thickness of the liquid crystal layer 30 in fields other than opening 14a of reflective upper conductive layer 14R of a liquid crystal display 550 (namely, inside of the reflective field R). The light (reflected light) which contributes to the display in reflective mode passes the liquid crystal layer 30 of the thickness d1 in the reflective field R twice, and the light (transmitted light) which contributes to the display of the transparent mode passes the liquid crystal layer 30 of the thickness d2 in the transparency field T once. Therefore,  $d1=d2/2$  then the reflected light, and the transmitted light can make equal mutually distance which passes the liquid crystal layer 30, respectively by making thickness of a dielectric layer 13 equal to d1. Moreover, since transparence lower layer conductive layer 12T have the configuration (configuration in which a dielectric layer 13 does not exist on transparence lower layer conductive layer 12T) exposed in opening 13a of a dielectric layer 13, the picture element electrode 15 of a liquid crystal display 550 of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 in the transparency field T is equal to the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 in the reflective field R.

[0244] Therefore, if it sets up so that the thickness d1 of the liquid crystal layer 30 in the reflective field R and the thickness d2 of the liquid crystal layer 30 in the transparency field T may satisfy the relation between 2 and  $d1=d2$ , when lower layer conductive layer 12R and the same electrical potential difference as upper conductive layer 14T are impressed, the variation of the retardation which the transmitted light receives by the liquid crystal layer 30, and the variation of the retardation which the reflected light receives from the liquid crystal layer 30 are in agreement. However, it is more desirable to shift from the relation between 2 and  $d1=d2$  in consideration of this difference, since field strength differs even if the electrical potential difference to impress is equal when the thickness of the

liquid crystal layer 30 in the reflective field R differs from the thickness of the liquid crystal layer 30 in the transparency field T mutually.

[0245] If the liquid crystal display 550 of this invention is used as mentioned above, it will become possible to bring mutually the electrical-potential-difference-permeability property of the transparent mode, and the electrical-potential-difference-reflection factor property in reflective mode close, and will excel in an angle-of-visibility property in an omnidirection, and the mold liquid crystal display both for transparency reflective with high visibility will be obtained in all environments.

[0246] Next, the structure of other mold liquid crystal displays 650 in two ways and actuation are explained, referring to drawing 38 C. Upper conductive layer 14R of the picture element electrode 15 of the mold liquid crystal display 650 in two ways is formed from the conductive layer which has a light reflex property, and lower layer conductive layer 12T are formed from the transparence conductive layer. The picture element field specified with the picture element electrode 15 has the transparency field T specified as the reflective field R specified by reflective upper conductive layer 14R by transparence lower layer conductive layer 12T. Since the fundamental configuration of others of the mold liquid crystal display 650 in two ways is the same as that of the liquid crystal display 600 shown in drawing 35, the explanation is omitted here.

[0247] Thickness of the liquid crystal layer 30 in opening 14a of d1 and reflective upper conductive layer 14R and crevice 13b of a dielectric layer 13 (namely, inside of the transparency field T) is set to d3 for the thickness of the liquid crystal layer 30 in fields other than opening 14a of reflective upper conductive layer 14R of a liquid crystal display 650 (namely, inside of the reflective field R). The thickness d3 of the liquid crystal layer 30 in the transparency field T is thicker than the thickness d1 of the liquid crystal layer 30 in the reflective field R by the depth of crevice 13b of a dielectric layer 13. The light (reflected light) which contributes to the display in reflective mode passes the liquid crystal layer 30 of the thickness d1 in the reflective field R twice, and the light (transmitted light) which contributes to the display of the transparent mode passes the liquid crystal layer 30 of the thickness d3 in the transparency field T once. That is, the distance in which the transmitted light passes through the inside of the liquid crystal layer 30 is d3, and the distance in which the reflected light passes through the inside of the liquid crystal layer 30 is in 2 and d1.

[0248] On the other hand, since the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 in the transparency field T receives the voltage drop (capacitive component rate) by the dielectric layer 13 in crevice 13b, it becomes lower than the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 of the reflective field R. Therefore, by adjusting the thickness of the dielectric layer 13 in crevice 13b The difference in the amount of retardations resulting from the difference in distance which passes through the inside of the liquid crystal layer 30, It can control making a mistake in the relation by the location of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 (the amount of lowering of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 in the transparency field T), and the relation between applied voltage and a retardation can be made in agreement in the transparency field T and the reflective field R. More strictly, by adjusting the rate of a birefringence of a liquid crystal layer, the thickness of a liquid crystal layer, the dielectric constant of a dielectric layer and dielectric layer thickness, and the thickness (depth of a crevice) of the crevice of a dielectric layer, a transparency field and a reflective field can be covered and relation between applied voltage and a retardation can be made into homogeneity.

[0249] If the liquid crystal display 650 of this invention is used as mentioned above, it will become possible to bring mutually the electrical-potential-difference-permeability property of the transparent mode, and the electrical-potential-difference-reflection factor property in reflective mode close, and will excel in an angle-of-visibility property in an omnidirection, and the mold liquid crystal display both for transparency reflective with high visibility will be obtained in all environments.

[0250] Although the front face of a reflective conductive layer (the upper layer or lower layer conductive layer) was evenly drawn for the mold liquid crystal displays 150, 550, and 650 both for



transparency reflective by drawing 38 A, and 38B and 38C, the function to which diffuse reflection (or dispersion) of the light is carried out can also be given by processing the front face of a reflective conductive layer in the shape of irregularity. By giving an optical diffusion function to a reflective conductive layer, there is no parallax and the display in the high reflective mode of display grace can be realized.

[0251] As an approach of forming irregularity in the front face of a reflective conductive layer, the approach currently indicated by JP,6-75238,A is mentioned, for example.

[0252] For example, a dielectric layer 13 is formed using a photoresist (any of a negative mold or a positive type are sufficient), and irregularity is processed on the front face of a resist layer in the photolithography process using the photo mask which has the translucent part (or protection-from-light section) of a predetermined pattern. The resist layer in which irregularity was formed is heated if needed, the phenomenon (heat who) which deforms the front face of a resist layer with heat is used, and it is good also as smooth (continuously wavelike) in irregularity. Thus, irregularity can be formed in the front face of the reflective upper conductive layer by forming the reflective upper conductive layer on the front face which has the irregularity of the formed dielectric layer 13.

[0253] However, it is desirable to suppose that the height of the dielectric layer [ in / like / the edge section of opening 14a ] 13 shown in drawing 40 (a) and (b) in the configuration using reflective upper conductive layer 14R is uniform like the mold liquid crystal displays 550 and 650 in two ways shown in drawing 38 B and 38C.

[0254] In the liquid crystal display of this invention, radial dip orientation of the liquid crystal molecule is carried out using the slanting electric field generated by the edge section of opening 14a with the picture element electrode 15 of two-layer structure equipped with reflective upper conductive layer 14R which has opening 14a.

[0255] However, when the irregularity (the circle in drawing shows a crevice or heights typically.) which was shown in drawing 39 (a) and which was formed in the front face of a dielectric layer 13 is arranged like so that it may lap with opening 13a of a dielectric layer 13, or crevice 13b, the thickness of the dielectric layer [ in / like / the edge section of opening 14a ] 13 shown in drawing 39 (b) changes with locations. Thus, if irregularity exists in the front face of the dielectric layer 13 of the edge section, the direction of the slanting electric field generated by the edge section (the dip direction of the equipotential line) will change with locations, the stability of the radial dip orientation centering on opening 14a falls, or the condition of radial dip orientation changes with locations of opening 14a.

[0256] Then, if irregularity is not formed in the front face of the surrounding dielectric layer 13 of opening 14a (opening 13a or crevice 13b of a dielectric layer 13) but it is a flat front face as shown in drawing 40 (a), as shown in drawing 40 (b), the structure where cover the perimeter of opening 14a and the dielectric layer 13 near the edge section has uniform thickness will be acquired.

[0257] In addition, the diffusion layer which has an optical diffusion function may be prepared in the optical incidence side of a reflective conductive layer instead of giving an optical diffusion function to a reflective conductive layer by processing the front face of a reflective conductive layer in the shape of irregularity. A diffusion layer may be prepared inside a liquid crystal panel (liquid crystal layer side of a substrate), and may be prepared outside (observer side). As for a diffusion layer, it is desirable to prepare in the reflective field of a liquid crystal display selectively.

[0258] (Arrangement of a polarizing plate and a phase contrast plate) Although the so-called vertical orientation mold liquid crystal display with which the liquid crystal molecule which has a negative dielectric constant anisotropy is equipped with the liquid crystal layer which carries out vertical orientation at the time of no electrical-potential-difference impressing can be displayed with various display modes, its birefringence mode displayed in it by controlling the rate of a birefringence of a liquid crystal layer by electric field is desirable from a viewpoint of display grace. The arrangement relation of the polarizing plate and phase contrast plate (wavelength plate) for improving the display grace of the vertical orientation mold liquid crystal display in birefringence mode is explained below. The liquid crystal

display in birefringence mode can be obtained by preparing the polarizing plate of a couple in the outside (the liquid crystal layer 30 and opposite hand) of the substrate (for example, a TFT substrate and an opposite substrate) of the couple of all the liquid crystal displays explained with the previous operation gestalten 1-5.

[0259] First, arrangement of a polarizing plate is explained, referring to drawing 41 and drawing 42.

Drawing 41 shows electrical-potential-difference the condition of not impressing (OFF condition), and drawing 42 shows the electrical-potential-difference impression condition (ON condition), respectively.

[0260] Drawing 41 (a) is the typical sectional view of liquid crystal display 100A which has polarizing plates 50a and 50b, respectively on each outside of TFT substrate 100a and opposite substrate 100b. Liquid crystal display 100A may be the liquid crystal display of the arbitration of the previous operation gestalten 1-5. As shown in drawing 41 (a), liquid crystal molecule 30a in the liquid crystal layer 30 is in a vertical orientation condition at the time of no electrical-potential-difference impressing.

[0261] Drawing 41 (b) shows typically the arrangement relation of the transparency shaft (polarization shaft) PA of polarizing plates 50a and 50b when seeing liquid crystal display 100A along the direction of a screen normal (the direction of a substrate normal) from the opposite substrate 100b side (observer side). The continuous-line arrow head PA 1 in drawing shows the transparency shaft of polarizing plate (above) 50b, and the broken-line arrow head shows the transparency shaft PA 2 of polarizing plate (below) 50a, respectively. As shown in drawing 41 (b), the transparency shafts PA2 and PA1 of polarizing plates 50a and 50b are arranged so that it may intersect perpendicularly mutually. That is, polarizing plates 50a and 50b are arranged at the cross Nicol's prism condition.

[0262] To a substrate side, since it is vertical, axial bearing of liquid crystal molecule 30a of the liquid crystal layer 30 at the time of no electrical-potential-difference impressing does not give phase contrast to the polarization which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30. In addition, a vertical thing is meant to the field of the liquid crystal layer 30 parallel to Substrates 100a and 100b to "it is vertical to the liquid crystal layer 30."

[0263] Since the liquid crystal layer 30 of a vertical orientation condition does not give phase contrast to the polarization which carries out vertical incidence, the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 from the TFT substrate 100a side, for example It becomes the linearly polarized light which has the polarization direction which met the transparency shaft PA 2 by passing polarizing plate 50a, and incidence is carried out at right angles to the liquid crystal layer 30, and incidence is carried out to polarizing plate 50b through the liquid crystal layer 30, with the polarization direction maintained. Since the transparency shafts PA2 and PA1 of polarizing plate 50a and polarizing plate 50b lie at right angles mutually, the linearly polarized light which passed opposite substrate 100b is absorbed by polarizing plate 50b. Consequently, liquid crystal display 100A in electrical-potential-difference the condition of not impressing becomes a black display.

[0264] In the state of electrical-potential-difference impression, as shown in drawing 42 (a) and (b), radial dip orientation of the liquid crystal molecule 30a is carried out. In drawing 42 (a) and (b), although one radial dip orientation field is illustrated for simplicity, as the previous operation gestalten 1-5 explained, two or more radial dip orientation fields may be formed in one picture element field. Also in the following drawings, although one radial dip orientation may be illustrated, two or more radial dip orientation fields may be formed in one picture element field.

[0265] By passing polarizing plate 50a, the liquid crystal layer 30 containing liquid crystal molecule 30a which carried out radial dip orientation serves as the linearly polarized light which has the polarization direction in alignment with the transparency shaft PA 2, and carries out incidence of the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 from the TFT substrate 100a side at right angles to the liquid crystal layer 30. Liquid crystal molecule 30a which is carrying out orientation so that seen axial bearing is parallel or may intersect perpendicularly from a substrate normal to the polarization direction of this linearly polarized light, and liquid crystal molecule (liquid crystal molecule located at core of radial dip orientation) 30a in a vertical orientation condition do not give phase

contrast to the linearly polarized light which carried out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30. Therefore, the linearly polarized light which carried out incidence to the field which has liquid crystal molecule 30a in the above-mentioned direction of orientation passes the liquid crystal layer 30, with a polarization condition maintained, and it carries out incidence to polarizing plate 50b through opposite substrate 100b. Since the transparency shafts PA2 and PA1 of polarizing plate 50a and polarizing plate 50b lie at right angles mutually, this linearly polarized light is absorbed by polarizing plate 50b. Namely, some fields of the liquid crystal layer 30 of a radial dip orientation condition will be in a black display condition also in an electrical-potential-difference impression condition.

[0266] As for the linearly polarized light which carried out incidence to the field containing liquid-crystal molecule 30a other than liquid-crystal molecule 30a which is carrying out orientation so that axial bearing seen from the substrate normal among the linearly polarized lights which, on the other hand, have the polarization direction parallel to the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a is parallel or may intersect perpendicularly to the polarization direction of this linearly polarized light, and liquid-crystal molecule 30a in a vertical orientation condition, phase contrast is given by the liquid-crystal layer 30. That is, the linearly polarized light has a polarization condition broken down, and turns into elliptically polarized light. Moreover, axial bearing of liquid crystal molecule 30a when seeing from the polarization direction and the direction of a substrate normal of the incidence linearly polarized light serves as max in the field which makes 45 degrees, and this phase contrast becomes small as axial bearing of liquid crystal molecule 30a when seeing from a substrate normal approaches parallel or a rectangular cross to the polarization direction of the incidence linearly polarized light. Axial bearing of liquid crystal molecule 30a when seeing from a substrate normal to the polarization direction of the incidence linearly polarized light in therefore, the field whose molecule shaft of liquid crystal molecule 30a except parallel or a rectangular cross is not parallel to the direction of a substrate normal And phase contrast is given to the linearly polarized light in which axial bearing of liquid crystal molecule 30a when seeing from a substrate normal carries out incidence to the liquid crystal layer 30 in fields other than parallel or a rectangular cross, and the linearly polarized light is broken down (generally it becomes elliptically polarized light). Therefore, if the polarization from which the polarization condition was changed by passing the liquid crystal layer 30 carries out incidence to polarizing plate 50b, the part will penetrate polarizing plate 50b. Since it is dependent on the magnitude of the phase contrast given by the liquid crystal layer 30, the amount of this polarization to penetrate may be adjusted by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30. Therefore, a gradation display is attained by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30.

[0267] ( $\lambda/4$  plate) Display grace can be further improved by preparing the one wave plate for 4 minutes ( $\lambda/4$  plate) between the polarizing plates of a couple and liquid crystal layers which have been arranged at the both sides of a liquid crystal layer. That is, the utilization effectiveness of light can be raised by carrying out incidence of the circular polarization of light to the liquid crystal layer 30 which presents radial dip orientation. For example, the liquid crystal display which carries out incidence of the linearly polarized light to the vertical orientation mold liquid-crystal layer of the quadrisection multi-domain orientation currently indicated by JP,10-301114,A can realize a brighter (the utilization effectiveness of light is high) liquid crystal display, if the configuration incidence of the circular polarization of light is carried out [ configuration ] to the liquid-crystal layer which presents the radial dip orientation where the direction of orientation changes continuously is adopted to the ability to be unable to make the border area between the domains of a multi-domain contribute to a display.

[0268] An operation of  $\lambda/4$  plate is explained referring to drawing 43 and drawing 44. Drawing 43 shows electrical-potential-difference the condition of not impressing, and drawing 44 shows the electrical-potential-difference impression condition typically, respectively. In addition, in this application description, unless it refuses especially, " $\lambda/4$  plate" makes the phase contrast plate with which the thing of a monolayer is pointed out, the laminating of two or more phase contrast plates is carried out, and it is satisfied of  $\lambda/4$  conditions as a whole call it especially "broadband  $\lambda/4$  plate."

Here, the configuration which used  $\lambda/4$  plate of a monolayer is explained.

[0269] Liquid crystal display 100B shown in drawing 43 and drawing 44 has polarizing plates 50a and 50b and  $\lambda/4$  plates 60a and 60b on both sides of a liquid crystal display 100.  $\lambda/4$  plates 60a and 60b are phase contrast plates changed into the linearly polarized light which has [ the linearly polarized light which has the 45-degree polarization direction to the lagging axis ] the 45-degree polarization direction for the circular polarization of light to the lagging axis in the circular polarization of light to conversion or reverse. In addition, it is not restricted to a liquid crystal display 100, but the liquid crystal display of the arbitration of the operation gestalten 1-5 can be used.

[0270] It 4 plate 60a [  $\lambda/4$  ] Has liquid crystal display 100B between TFT substrate 100a and polarizing plate 50a prepared in the outside (the liquid crystal layer 30 is an opposite hand), and it has  $\lambda/4$  plate 60b between opposite substrate 100b and polarizing plate 50b prepared in the outside. Each transparency shaft PA2 and PA1 of polarizing plates 50a and 50b and each lagging axis SL2 and SL1 of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b are arranged as shown in drawing 43 (b).

[0271] It is arranged so that the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a may make the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a, and the include angle of 45 degrees and the lagging axis SL 1 of nothing, and  $\lambda/4$  plate 60b may make the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, and the include angle of 45 degrees. The angle which the transparency shafts PA1 and PA2 and lagging axes SL2 and SL1 make is arranged so that 45 degrees may be made in the same direction (both left-handed rotation [ For example, if all are the same direction and right-handed rotation when it sees along the direction of a substrate normal from the opposite substrate 100b side as illustrated and both are right-handed rotation and left-handed rotation ]).

[0272] Since the liquid crystal layer 30 is in a vertical orientation condition at the time of no electrical-potential-difference impressing as shown in drawing 43 (a), phase contrast is not given to the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30. therefore -- for example, the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 from the TFT substrate 100a side -- polarizing plate 50a -- a passage -- the polarization direction -- the linearly polarized light of 2 receive 45 degrees of lagging axes SL of  $\lambda/4$  plate 60a -- becoming --  $\lambda/4$  plate 60a -- incidence -- carrying out . This linearly polarized light is changed into the circular polarization of light by passing  $\lambda/4$  plate 60a. The circular polarization of light passes the liquid crystal layer 30, with a polarization condition maintained, and it carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b. By passing  $\lambda/4$  plate 60b, the polarization direction serves as the linearly polarized light of 45 degrees to a lagging axis SL 1, and carries out incidence of the circular polarization of light to polarizing plate 50b. Since the polarization direction of the linearly polarized light which passed  $\lambda/4$  plate 60b lies at right angles to the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, this linearly polarized light is absorbed by polarizing plate 50b. Therefore, liquid crystal display 100B will be in a black display condition in the state of no electrical-potential-difference impressing.

[0273] In the state of electrical-potential-difference impression, as shown in drawing 44 (a) and (b), radial dip orientation of the liquid crystal molecule 30a is carried out.

[0274] The liquid crystal layer 30 containing liquid crystal molecule 30a which carried out radial dip orientation gives the phase contrast according to the polarization direction to the light which carries out incidence to the liquid crystal layer 30. For example, by passing polarizing plate 50a, the polarization direction serves as the 45-degree linearly polarized light to the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a, and carries out incidence of the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 from the TFT substrate 100a side to  $\lambda/4$  plate 60a. This linearly polarized light is changed into the circular polarization of light by passing  $\lambda/4$  plate 60a. At this time, liquid crystal molecule (liquid crystal molecule located at core of radial dip orientation) 30a in a vertical orientation condition does not give phase contrast to the polarization which carried out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30. Therefore, the circular polarization of light which carried out incidence to the field as for which liquid crystal molecule 30a is carrying out vertical orientation passes the liquid crystal layer 30,

with a polarization condition maintained, and it carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b. By passing  $\lambda/4$  plate 60b, the polarization direction serves as the linearly polarized light of 45 degrees to a lagging axis SL 1, and carries out incidence of the circular polarization of light to polarizing plate 50b. Since the polarization direction of the linearly polarized light which passed  $\lambda/4$  plate 60b lies at right angles to the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, this linearly polarized light is absorbed by polarizing plate 50b. Namely, some fields (only vertical orientation field) of the liquid crystal layer 30 of a radial dip orientation condition will be in a black display condition also in an electrical-potential-difference impression condition.

[0275] As for the circular polarization of light which carried out incidence to the field containing liquid crystal molecule 30a other than liquid crystal molecule 30a which is in a vertical orientation condition on the other hand among the circular polarization of lights changed from the linearly polarized light by  $\lambda/4$  plate 60b, phase contrast is given by the liquid crystal layer 30. That is, the polarization condition of the circular polarization of light changes (generally it becomes elliptically polarized light). Therefore, a part of polarization which passed  $\lambda/4$  plate 60b penetrates polarizing plate 50b. Since it is dependent on the magnitude of the phase contrast given by the liquid crystal layer 30, the amount of this polarization to penetrate may be adjusted by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30. Therefore, a gradation display is attained by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30.

[0276] As having mentioned above, the liquid crystal display 100 B which has further  $\lambda/4$  plates 60a and 60b has few the fields where the field which will be in a black display condition in the state of electrical-potential-difference impression serves as a black display in the state of electrical-potential-difference impression as compared with the liquid crystal display 100 A from which it is only a vertical orientation field (the core of radial dip orientation), and the field which carried out orientation in the direction which is parallel or intersects perpendicularly with a vertical orientation field and the transparency shaft of a polarizing plate will be in a black display condition. That is, liquid crystal display 100B has efficiency for light utilization (effective numerical aperture) higher than liquid crystal display 100A, and can realize the high display of brightness.

[0277] Generally, it is not easy to lose thoroughly the wavelength dispersion of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b of a monolayer. For example, if  $\lambda/4$  plate produced so that  $\lambda/4$  conditions might be satisfied to the light whose wavelength with the highest visibility is 550nm as  $\lambda/4$  plates 60a and 60b is used, it will shift from  $\lambda/4$  conditions as the wavelength of light shifts from 550nm. Consequently, in liquid crystal display 100B, in a black display condition, the light wavelength shifted [ light ] from 550nm passes polarizing plate 50b, consequently a coloring phenomenon occurs.

[0278] In order to control generating of the coloring phenomenon in this black display condition, the transparency shafts PA2 and PA1 of polarizing plates 50a and 50b are made to intersect perpendicularly mutually, and the lagging axes SL2 and SL1 of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b are made to intersect perpendicularly mutually like liquid crystal display 100C shown in drawing 45. The transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a, the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a and the transparency shaft PA of polarizing plate 50b 1, and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b are making the include angle of 45 degrees in the same direction like liquid crystal display 100B, respectively. Thus, since the wavelength dispersion of the refractive-index anisotropy which each of  $\lambda/4$  plate 60a, and  $\lambda/4$  plate 60b has by arranging the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b so that it may intersect perpendicularly mutually offsets each other mutually, in a black display condition, the light of the large wavelength range is absorbed by polarizing plate 50b, and a good black display is realized. It is desirable to use especially  $\lambda/4$  plate ( $\lambda/4$  plate formed from the ingredient same at least) same as  $\lambda/4$  plate 60a and  $\lambda/4$  plate 60b. If such a configuration is adopted, a liquid crystal display can be constituted more cheaply than the configuration using broadband  $\lambda/4$  plate explained below.

[0279] As other approaches of controlling generating of the coloring phenomenon in the black display

condition resulting from the wavelength dispersion of the refractive-index anisotropy of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b of the monolayer mentioned above, it replaces with  $\lambda/4$  plate of a monolayer, and there is an approach using broadband  $\lambda/4$  plate. By carrying out the laminating of two or more phase contrast plates, broadband  $\lambda/4$  plate covers phase murder and the whole (400nm – 800nm) light in the effect of wavelength dispersion, and satisfies  $\lambda/4$  conditions. Broadband  $\lambda/4$  plate can be formed by carrying out the laminating of  $\lambda/4$  plate of a monolayer, and the half-wave plate (“ $\lambda/2$  plate” being called hereafter.) of a monolayer.

[0280] Liquid crystal display 100D shown in drawing 46 has polarizing plates 50a and 50b,  $\lambda/4$  plates 60a and 60b, and  $\lambda/2$  plates 70a and 70b on both sides of a liquid crystal display 100. Sequentially from the liquid crystal layer 30 side,  $\lambda/4$  plate 60a,  $\lambda/2$  plate 70a, and polarizing plate 50a are prepared, and  $\lambda/4$  plate 60b,  $\lambda/2$  plate 70b, and polarizing plate 50b are prepared in the outside of opposite substrate 100b sequentially from the liquid crystal layer 30 side on the outside (it is an opposite hand in the liquid crystal layer 30) of TFT substrate 100a.

[0281] As  $\lambda/4$  plate 60b arranged on opposite substrate 100b,  $\lambda/2$  plate 70b, and polarizing plate 50b are shown in drawing 46 (b), each optical axis is arranged. When setting the angle between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, and the lagging axis SL 3 of  $\lambda/2$  plate 70b to  $\alpha$  (degree), it is arranged so that the angle between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b may serve as 45 degree of 2 \*\*\*\*.

[0282] On the other hand, as  $\lambda/4$  plate 60a arranged on TFT substrate 100a,  $\lambda/2$  plate 70a, and polarizing plate 50a are shown in drawing 46 (c), each optical axis is arranged. When setting the angle between the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a, and the lagging axis SL 4 of  $\lambda/2$  plate 70a to  $\beta$  (degree), it is arranged so that the angle between the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a and the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a may serve as 45 degree of 2 \*\*\*\*. Moreover, this angle between the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a and the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a (45 degree of 2 \*\*\*\*) is set up so that the angle (45 degree of 2 \*\*\*\*) and sign between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b may be in agreement. That is, when the angle between PA1 and a lagging axis SL 1 is  $2\alpha+45$  degree, it is set up so that the angle between the transparency shaft PA 2 and a lagging axis SL 2 may become  $2\beta+45$  degree.

[0283] The light which carried out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 in a vertical orientation condition turns into the linearly polarized light from the TFT substrate 100a side through polarizing plate 50a, and it becomes the linearly polarized light which has the polarization direction of the include angle of  $2\beta$  to the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a through  $\lambda/2$  plate 70a. Incidence of this linearly polarized light is carried out to  $\lambda/4$  plate 60a, and it is changed into the circular polarization of light. This circular polarization of light passes the liquid crystal layer 30, with a polarization condition maintained, and it carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b. It is changed into the linearly polarized light which has the polarization direction of the include angle of 45 degrees by  $\lambda/4$  plate 60b to the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b. Incidence of this linearly polarized light is carried out to  $\lambda/2$  plate 70b, and it turns into the linearly polarized light of a  $2\beta+45$  degree include angle to the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b, and carries out incidence to polarizing plate 50b. Here, since the polarization direction of the linearly polarized light which passed  $\lambda/2$  plate 70b lies at right angles to the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, this linearly polarized light is absorbed by polarizing plate 50b. Therefore, liquid crystal display 100D will be in a black display condition in the state of no electrical-potential-difference impressing.

[0284] In liquid crystal display 100D, since it has  $\lambda/2$  plate 70a, and  $\lambda/2$  plate 70b, respectively between  $\lambda/4$  plate 60a, and polarizing plate 50a and between  $\lambda/4$  plate 60b, and polarizing plate 50b and  $\lambda/2$  plates 70a and 70b ease the wavelength dispersion of the refractive-index anisotropy of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b, the good black display without coloring is attained.

[0285] In order to control further generating of the coloring phenomenon in this black display condition



The transparency shafts PA2 and PA1 of polarizing plates 50a and 50b are made to intersect perpendicularly mutually like liquid crystal display 100E shown in drawing 47. And the lagging axes SL2 and SL1 of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b are made to intersect perpendicularly mutually, and the lagging axes SL4 and SL3 of  $\lambda/2$  plates 70a and 70b are made to intersect perpendicularly mutually further. Moreover, when setting the angle between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b, and the lagging axis SL 3 of  $\lambda/2$  plate 70b to  $\alpha$  (degree), It is arranged so that the angle between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b may serve as 45 degree of  $2^{1/2}$  \*\*\*\*. The angle between the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a and the lagging axis SL 4 of  $\lambda/2$  plate 70a is arranged so that the angle between the transparency shaft PA 2 of  $\alpha$  and polarizing plate 50a and the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a may serve as 45 degree of  $2^{1/2}$  \*\*\*\*. Moreover, this angle between the transparency shaft PA 2 of polarizing plate 50a and the lagging axis SL 2 of  $\lambda/4$  plate 60a (45 degree of  $2^{1/2}$  \*\*\*\*) is set up so that the angle (45 degree of  $2^{1/2}$  \*\*\*\*) and sign between the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b and the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b may be in agreement.

[0286] Further [ make / the transparency shafts of polarizing plates 50a and 50b, the lagging axes of  $\lambda/4$  plates 60a and 60b, and / thus, / the lagging axes of  $\lambda/2$  plates 70a and 70b / intersect perpendicularly mutually, respectively ] Can offset the wavelength dispersion of the refractive-index anisotropy which each of  $\lambda/4$  plate 60a, and  $\lambda/4$  plate 60b has, and it sets in the black display condition. The light of the large wavelength range is absorbed by polarizing plate 50b, and, as for liquid crystal display 100E, a still better black display is realized rather than liquid crystal display 100D.

[0287] Above-mentioned explanation explained the operation of the liquid crystal layer 30 to the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30. In a liquid crystal display, especially in a transparency mold, although the light which carries out incidence at right angles to the liquid crystal layer 30 contributes to a display most, the light which carries out incidence to the liquid crystal layer 30 aslant also contributes to a display. As for the light which carries out incidence aslant, phase contrast is given to the liquid crystal layer 30 also by the liquid crystal layer 30 of a vertical orientation condition. Therefore, when the screen of a liquid crystal display is seen from across (direction which inclined from the screen normal), optical leakage may occur in the vertical orientation condition which should be in a black display condition essentially, and the contrast ratio of a display may fall.

[0288] By forming further the phase contrast plate (viewing-angle compensating plate) which has a refractive-index anisotropy which offsets the phase contrast over this oblique-incidence light, the liquid crystal display which has a good contrast ratio in all the viewing-angle range is realizable. In addition, this viewing-angle compensating plate does not need to be a single phase contrast plate, and what carried out the laminating of two or more phase contrast plates is sufficient as it. Moreover, the location in which a viewing-angle compensating plate is formed may establish at least the outside of the outside (furthest side from the liquid crystal layer 30) of TFT substrate 100a, and opposite substrate 100b in the outside of both TFT substrate 100a and opposite substrate 100b.

[0289] In addition, although explanation of the  $\lambda/4$  above-mentioned wavelength plate explained the case of a transparency mold liquid crystal display, in order to improve the quality of a display in the reflective mode in a reflective mold or the mold liquid crystal display both for transparency reflective, it needs to reduce the wavelength dispersion of the phase contrast plate of  $\lambda/4$  plate arranged at the observer side of a liquid crystal display. Therefore, it is desirable to use broadband  $\lambda/4$  plate. Moreover, in the mold liquid crystal display in two ways, as mentioned above about the transparency mold liquid crystal display, broadband  $\lambda/4$  plate may be arranged on both sides of a liquid crystal display, and the configuration which makes the wavelength dispersion of broadband  $\lambda/4$  plate offset mutually may be adopted.

[0290]

[Example] Below, this invention is explained based on an example. This invention is not limited by the

following examples. Especially the patterns (a configuration and arrangement) of opening which the upper conductive layer has, and the solid section may be various patterns explained with the operation gestalt 1.

[0291] (Example 1) The sectional view of the transparency mold liquid crystal display 800 of an example 1 is shown in drawing 48, and a top view is shown in drawing 49, respectively. Drawing 48 is the sectional view which met the 48A-48A' line in drawing 49.

[0292] The transparency mold liquid crystal display 800 is a TFT mold liquid crystal display of 180,000 picture element (the number width of dots 840x length 220, 229 micrometers by [ dot pitch ] 86 micrometers) 3.5 molds.

[0293] The liquid crystal display 800 has TFT substrate 800a, opposite substrate 800b, and the vertical orientation liquid crystal layer 30 arranged among these. Each of the picture element field arranged in the shape of a matrix is driven with the electrical potential difference impressed to the picture element electrode 105 and a counterelectrode 122. the picture element electrode 105 is connected to the source wiring 114 with which a signal level is given through TFT118 -- having -- \*\*\*\* -- TFT118 -- from the gate wiring 108 -- giving -- a \*\*\*\*\* scan signal -- the -- switching control is carried out. A signal level is impressed to the picture element electrode 105 connected to TFT118 made into ON condition by the scan signal.

[0294] The picture element electrode 105 has the lower layer conductive layer 102, the upper conductive layer 104, and the dielectric layer (the layer insulation layer 107 and photopolymer layer 103) prepared in these in between. The lower layer conductive layer 102 and the upper conductive layer 104 are mutually connected electrically in contact hole 107a. The upper conductive layer 104 has opening 104a, and generates slanting electric field in the edge section at the time of electrical-potential-difference impression. Opening 104a is formed in one field surrounded with the gate wiring 108, source wiring 114, and the auxiliary capacity wiring 119. Two opening 104a is formed for every picture element field.

[0295] in addition, the auxiliary capacity wiring 119 -- a picture element field -- it is formed so that near a center may be mostly extended in the gate wiring 108 and parallel. The auxiliary capacity wiring 119 forms auxiliary capacity with the lower layer conductive layer 102 which counters through the gate insulating layer 110. Auxiliary capacity is prepared in order to improve the retention of picture element capacity. Of course, auxiliary capacity may be omitted and the structure of auxiliary capacity is not restricted to the above-mentioned example.

[0296] First, the manufacture approach of TFT substrate 800a of a liquid crystal display 800 is explained, referring to drawing 50 A.

[0297] As shown in drawing 50 A (a), the insulating layer (un-illustrating) which consists of Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>, etc. as base coat film is formed on the insulating transparence substrate 101 if needed. Then, the gate electrode (gate wiring is also included) 108 is formed by forming and carrying out patterning of the metal layer which consists of aluminum, Mo, Ta, etc. by the sputtering method. Here, the gate electrode 108 is formed using Ta. At this time, the auxiliary capacity wiring 119 may be formed at the same process using the same ingredient.

[0298] next, the gate electrode 108 -- a wrap -- like -- the front face of a substrate 101 -- the gate insulating layer 110 is mostly formed in the whole surface. Here, the SiNx film with a thickness of about 300nm is deposited with P-CVD method, and the gate insulating layer 110 is formed. In addition, the gate electrode 108 can be anodized and this oxide film on anode can also be used as a gate insulating layer. Of course, it is good also as two-layer structure equipped with an oxide film on anode and insulator layers, such as SiNx.

[0299] On the gate insulating layer 110, Si layer used as the channel layer 111 and the electrode contact layer 112 is continuously deposited with a CVD method. The amorphous silicon or microcrystal Si layer which doped impurities with a thickness of about 50nm, such as Lynn, is used for the electrode contact layer 112 at the channel layer 111 using an amorphous silicon layer with a thickness of about

150nm. By carrying out patterning of these Si layers by the dry etching method by the mixed gas of HCl+SF<sub>6</sub> etc., the channel layer 111 and the electrode contact layer 112 are formed.

[0300] Then, as shown in drawing 50 A (b), about 150nm (ITO) of transparence conductive layers 102 which constitute a lower layer conductive layer is deposited by the sputtering method. Then, the laminating of the metal layers 114 and 115 which consist of aluminum, Mo, Ta, etc. is carried out. Here, Ta is used. By carrying out patterning of these metal layers, the source electrodes 113 and 114 and the drain electrodes 113 and 115 are formed (it is hereafter written as the "source electrode 114" and the "drain electrode 115"). The source electrode 114 and the drain electrode 115 have two-layer structure, respectively, and give the reference mark 113 to the conductive layer which consists of an ITO layer 102. The ITO layer 102 functions as a lower layer conductive layer of the picture element electrode of two-layer structure.

[0301] Next, as shown in drawing 50 A (c), after depositing about 300nm of insulating layers which consist of SiN<sub>x</sub> etc. with a CVD method, patterning is carried out and the layer insulation layer 107 is formed. Contact hole 107a for connecting electrically the upper conductive layer 103 and the ITO layer 102 which are formed behind in the case of patterning is formed in the layer insulation layer 107 on the auxiliary capacity wiring 119.

[0302] Next, as shown in drawing 50 A (d), opening 103a which exposes the drain electrode 102 in contact hole 107a of the layer insulation layer 107 is fabricated by forming the photopolymer layer 103 used as a dielectric layer on this layer insulation layer 107, and exposing and developing the photopolymer layer 103. The photopolymer layer 103 is formed in the thickness of about 1.5 micrometers for example, using a positive type photopolymer (acrylic resin made from JSR: specific inductive capacity 3.7). In addition, the photopolymer layer 103 may be formed using resin without photosensitivity, and opening 103a may be separately formed in a nonphotosensitivity resin layer at the photolithography process using a photoresist.

[0303] Next, as shown in drawing 50 A (e), the transparence conductive layer (ITO) 104 which constitutes the upper conductive layer is formed by the sputtering method at the thickness of about 100nm on the substrate 101 in which the layer insulation layer 107 and the photopolymer layer 103 were formed.

[0304] Then, TFT substrate 800a shown in drawing 48 is obtained by forming opening 104a in the transparence conductive layer 104. Formation of opening 104a can be performed by the following approaches.

[0305] On the transparence conductive layer 104, a photoresist ingredient is applied and the photoresist layer of a predetermined pattern is formed in a photolithography process. Opening 104a is formed by etching this photoresist layer as a mask. Then, a photoresist layer is exfoliated. Here, rectangular opening 14a is formed for two kinds (a= 68 micrometers, b= 59 micrometers (on [ in drawing ]), a= 68 micrometers, and b= 36 micrometers (under [ in drawing ])) as opening 104a of the transparence conductive layer 104.

[0306] Thus, TFT substrate 800a equipped with the picture element electrode of the two-layer structure which consists of a lower layer conductive layer 102 which consists of an ITO layer, an upper conductive layer 104 which consists of an ITO layer, and the layer insulation layer 107 and dielectric layer 103 among these is obtained.

[0307] Here, although the dielectric layer pinched between the upper conductive layer 104 and the lower layer conductive layer 102 is formed by two-layer [ of the layer insulation layer 107 and a photopolymer 103 ], the need does not exist, and you may form it by either, and it may also contain the layer of further others. There is no limit in the class of ingredient, thickness, and a number of layers that the dielectric layer prepared between the upper conductive layer and a lower layer conductive layer should just be formed so that the slanting electric field which make a liquid crystal molecule incline in the edge section of opening 104a of the upper conductive layer may be produced. It is desirable to use an ingredient with high transparency so that the utilization effectiveness of light may not fall.

[0308] Other manufacture approaches of TFT substrate 800a of a liquid crystal display 800 are explained referring to drawing 50 B.

[0309] As shown in drawing 50 B (a), the insulating layer (un-illustrating) which consists of Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>, etc. as base coat film is formed on the insulating transparency substrate 101 if needed. Then, the gate electrode (gate wiring is also included) 108 is formed by forming and carrying out patterning of the metal layer which consists of Al, Mo, Ta, etc. by the sputtering method. Here, the gate electrode 108 is formed using the cascade screen of Ti/Al/Ti. At this time, the auxiliary capacity wiring 119 may be formed at the same process using the same ingredient.

[0310] next, the gate electrode 108 -- a wrap -- like -- the front face of a substrate 101 -- the gate insulating layer 110 is mostly formed in the whole surface. Here, the SiN<sub>x</sub> film with a thickness of about 300nm is deposited with P-CVD method, and the gate insulating layer 110 is formed.

[0311] On the gate insulating layer 110, Si layer used as the channel layer 111 and the electrode contact layer 112 is continuously deposited with a CVD method. The amorphous silicon or microcrystal Si layer which doped impurities with a thickness of about 50nm, such as Linn, is used for the electrode contact layer 112 at the channel layer 111 using an amorphous silicon layer with a thickness of about 150nm. By carrying out patterning of these Si layers by the dry etching method by the mixed gas of HCl+SF<sub>6</sub> etc., the channel layer 111 and the electrode contact layer 112 are formed.

[0312] Then, as shown in drawing 50 B (b), the laminating of the metal layers 114 and 115 which consist of Al, Mo, Ta, etc. is carried out. Here, the cascade screen of Al/Ti is used. By carrying out patterning of these metal layers, the source electrode 114 and the drain electrode 115 are formed. Next, 112g of gap sections of the electrode contact layer 112 is etched by PATANIGU [ using the source electrode 114 and the drain electrode 115 as a mask, and / with the dry etching method by the mixed gas of HCl+SF<sub>6</sub> etc. ].

[0313] Next, as shown in drawing 50 B (c), after depositing about 300nm of insulating layers which consist of SiN<sub>x</sub> etc. with a CVD method, patterning is carried out and the layer insulation layer 107 is formed. Contact hole 107a for connecting electrically the lower layer conductive layer 102 and the drain electrode 115 which consist of an ITO layer formed behind in the case of patterning is formed in the layer insulation layer 107 on the auxiliary capacity wiring 119.

[0314] Next, as shown in drawing 50 B (d), the transparency conductive layer (ITO) 102 which constitutes a lower layer conductive layer is formed in the thickness of about 140nm by the sputtering method.

[0315] Next, as shown in drawing 50 B (e), opening 103a to which the lower layer conductive layer 102 which consists of an ITO layer is exposed is fabricated by forming the photopolymer layer 103 used as a dielectric layer on the lower layer conductive layer 102 which consists of this ITO layer, and exposing and developing the photopolymer layer 103. The photopolymer layer 103 is formed in the thickness of about 1.5 micrometers for example, using a positive type photopolymer (acrylic resin made from JSR: specific inductive capacity 3.7). In addition, the photopolymer layer 103 may be formed using resin without photosensitivity, and opening 103a may be separately formed in a nonphotosensitivity resin layer at the photolithography process using a photoresist.

[0316] Next, as shown in drawing 50 B (f), the transparency conductive layer (ITO) 104 which constitutes the upper conductive layer is formed by the sputtering method on the substrate 101 in which the photopolymer layer 103 was formed at the thickness of about 100nm.

[0317] Then, TFT substrate 800a shown in drawing 48 is obtained by forming opening 104a in the transparency conductive layer 104. Formation of opening 104a can be performed by the following approaches.

[0318] On the transparency conductive layer 104, a photoresist ingredient is applied and the photoresist layer of a predetermined pattern is formed in a photolithography process. Opening 104a is formed by etching this resist layer as a mask. Then, a photoresist layer is exfoliated.

[0319] Thus, TFT substrate 800a equipped with the picture element electrode of the two-layer

structure which consists of a lower layer conductive layer 102 which consists of an ITO layer, an upper conductive layer 104 which consists of an ITO layer, and the layer insulation layer 107 and dielectric layer 103 among these is obtained.

[0320] If the stable radial dip orientation is obtained that the dielectric layer prepared between the upper conductive layer and a lower layer conductive layer should just be formed so that the slanting electric field which make a liquid crystal molecule incline in the edge section of opening 104a of the upper conductive layer may be produced, there will be no limit in the class of ingredient, thickness, and a number of layers. It is desirable to use an ingredient with high transparency so that the utilization effectiveness of light may not fall.

[0321] On the other hand, opposite substrate 800b forms the counterelectrode 122 which uses the sputtering method and consists of ITO on the insulating transparency substrate 121.

[0322] Vertical orientation processing is performed on the inside front face of TFT substrate 800a obtained as mentioned above and opposite substrate 800b. For example, a vertical orientation layer is formed using the vertical stacking tendency polyimide made from JSR. Rubbing processing is not performed in a vertical orientation layer.

[0323] A spherical plastics bead with a diameter of 3 micrometers is sprinkled on the inside front face of opposite substrate 800b, and opposite substrate 800b and TFT substrate 800a are stuck on it using a well-known sealing compound. Then, for example, the ingredient which added the chiral agent is poured into the nematic liquid crystal ingredient ( $n=0.0996$ ) which has a negative dielectric anisotropy by Merck Co. Thus, a liquid crystal panel is obtained. In addition, the structural unit which has the substrate (here, they are TFT substrate 800a and opposite substrate 800b) of a couple and the liquid crystal layer pinched among these among the structural units which constitute a liquid crystal display is called a "liquid crystal panel."

[0324] Polarizing plate 50a is arranged on the outside of TFT substrate 800a of the obtained liquid crystal panel, and polarizing plate 50b is arranged on the outside of opposite substrate 800b. The transparency shaft of polarizing plate 50a and polarizing plate 50a is arranged so that it may intersect perpendicularly mutually (refer to drawing 41 (b)). Moreover, it arranges so that the transparency shaft of polarizing plate 50a and polarizing plate 50b may become 45 degrees to the installation direction of gate wiring of a liquid crystal panel, respectively.

[0325] Thus, the liquid crystal display obtained realizes a good black display at the time (the time of impressing the electrical potential difference of under a threshold electrical potential difference is included) of no electrical-potential-difference impressing.

[0326] Moreover, the situation of the picture element field when impressing an electrical potential difference (electrical potential difference more than a threshold electrical potential difference) to the liquid crystal layer of this liquid crystal display 800 is typically shown in drawing 51. Drawing 51 shows two adjoining picture element fields.

[0327] As shown in drawing 51, the quenching pattern (dark space) centering on the center of opening 104a is looked at by every opening 104a. At the core (curved intersection) of a quenching pattern, a liquid crystal molecule is in a vertical orientation condition, and radial dip orientation of the central surrounding liquid crystal molecule is carried out the core [ the liquid crystal molecule of a vertical orientation condition ]. This is because slanting electric field were generated by the picture element electrode of the two-layer structure of having opening 104a. That in addition, dark space is observed in the shape of an abbreviation cross in an electrical-potential-difference impression condition The polarization direction of the linearly polarized light which carried out incidence to the liquid crystal layer as explained previously, and the direction which is parallel or intersects perpendicularly ( ) That is, it is because a liquid crystal layer is passed, phase contrast's giving the linearly polarized light which passed through the field as for which the liquid crystal molecule is carrying out orientation by the liquid crystal layer in the direction which is parallel or intersects perpendicularly with the transparency shaft of polarizing plate 50a, and maintaining \*\*\*\* and a polarization condition, so it is absorbed by polarizing

plate 50b and does not contribute to a display. In this example, since the liquid crystal ingredient with which the chiral agent was added is used, quenching is observed in the location [ shaft / of the polarizing plate which the liquid crystal layer serves as curled form radial dip orientation, consequently intersects perpendicularly mutually / absorption ] shifted.

[0328] Moreover, the field observed white (bright) in the state of electrical-potential-difference impression is a field where the linearly polarized light which carried out incidence to the liquid crystal layer was able to give phase contrast by the liquid crystal layer, and it depends for extent of whiteness (brightness) on the magnitude of the phase contrast given by the liquid crystal layer. Therefore, the orientation condition of a liquid crystal layer is changed by controlling the magnitude of the electrical potential difference impressed to a liquid crystal layer, and a gradation display is realizable if the magnitude of the phase contrast which \*\*\*\*\* gives is adjusted.

[0329] Arrangement of the polarizing plates 50a and 50b of a couple with which a transparency shaft intersects perpendicularly mutually is not restricted to the above-mentioned example, but it may be arranged so that it is parallel or may intersect perpendicularly with gate wiring. Since the liquid crystal layer of the liquid crystal display by this invention is a vertical orientation mold liquid crystal layer which will be in a radial dip orientation condition at the time of electrical-potential-difference impression, the transparency shaft orientation of a polarizing plate may be set up in the direction of arbitration. According to the application of a liquid crystal display, it is suitably set up in consideration of a viewing-angle property etc. The angle-of-visibility property of the vertical direction of the screen and a longitudinal direction can be improved by setting up the transparency shaft of a polarizing plate in the direction which is parallel or intersects perpendicularly with gate wiring (or source wiring) especially. This of the polarization selectivity of a polarizing plate is the highest in the direction which is parallel or intersects perpendicularly with a transparency shaft, and is because it becomes the lowest in 45 degrees from a transparency shaft. Furthermore, when the transparency shaft of a polarizing plate is set up in the direction which is parallel or intersects perpendicularly with gate wiring, even if the liquid crystal molecule which exists near the gate wiring inclines by the slanting electric field from gate wiring in the direction which intersects perpendicularly in the installation direction of gate wiring, optical leakage has the advantage of not generating.

[0330] Moreover, if it is the configuration incidence of the circular polarization of light is carried out [ configuration ] to a liquid crystal layer by using  $\lambda/4$  plate, the quenching pattern observed almost in accordance with the transparency shaft of a polarizing plate can be abolished, and the utilization effectiveness of light can be improved. Furthermore, by forming  $\lambda/2$  plate and a viewing-angle compensating plate, generating of coloring of a black display can be controlled and the liquid crystal display which can realize a high-definition display can be obtained.

[0331] The liquid crystal display 800 of this example is the liquid crystal display in the normally black mode of a vertical orientation mold, and the display of a high contrast ratio is possible for it, and since the liquid crystal layer which carried out radial dip orientation is used, in all bearings, it has the wide-field-of-view angle property. Furthermore, since the slanting electric field formed with the two-layer structure electrode which has opening are used for formation of radial dip orientation, a controllability is good and can realize good radial dip orientation.

[0332] Of course, the structure of a picture element electrode is not restricted to the illustrated structure, but the two-layer structure of the various structures where it explained with the previous operation gestalt can be used for it. Furthermore, a reflective mold liquid crystal display and the mold liquid crystal display both for transparency reflective can be obtained by changing the ingredient which forms the upper conductive layer and/or a lower layer conductive layer.

[0333] (Example 2) Compared with the liquid crystal display 800 of an example 1, the picture element electrode of the transparency mold liquid crystal display of an example 2 has much comparatively small openings, and opening covers the whole picture element electrode (the upper conductive layer), and it is formed. It cannot pass over the configuration of opening and the solid section, or arrangement to an



example, but the various patterns illustrated with the operation gestalt 1 can be used. The pattern shown in drawing 19 (b) from a viewpoint of display brightness is desirable. Moreover, the rate of surface ratio of opening and the solid section is optimized according to the guide explained while referring to drawing 22.

[0334] Before explaining the structure of the liquid crystal display of an example 2, and actuation, the fault which the liquid crystal display 800 of an example 1 may have is explained. In addition, this fault may not pose a problem depending on the application of a liquid crystal display.

[0335] First, since size is comparatively large, after opening 104a (opening of the upside the especially larger one and in drawing 49:  $a=68$  micrometers,  $b=59$  micrometers) which the upper conductive layer 104 of a liquid crystal display 800 has impresses an electrical potential difference to the liquid crystal layer 30, its time amount until it takes the radial dip orientation by which the liquid crystal layer 30 located in opening 104a was stabilized is long. Therefore, depending on an application, the problem that a speed of response is slow arises.

[0336] Moreover, like the field between the bottom edge section of opening 104a of the bottom in drawing 49, and the gate wiring 108 (the width of face of a direction parallel to a source line is about 25 micrometers), the liquid crystal layer 30 of a field with a long distance from the edge section of opening 104a will require comparatively long time amount, before taking stable radial dip orientation. Moreover, since the liquid crystal layer 30 located in the edge section (for example, near the lower right in drawing 49) of the upper conductive layer 104 which is separated from the edge section of opening 104a is influenced [ of the slanting electric field generated by opening 104a and the electric field generated by the signal level currently impressed to source wiring 114 (113) ], the dip direction of liquid crystal molecule 30a may not be stabilized by it for every pixel. Consequently, a rough deposit may be looked at by display.

[0337] The structure of the liquid crystal display 900 of an example 2 and actuation are explained referring to drawing 52 and drawing 53. The sectional view of a liquid crystal display 900 is shown in drawing 52, and a top view is shown in drawing 53, respectively. Drawing 52 is the sectional view which met the 52A-52A' line in drawing 53. In the following explanation, the same reference mark shows the component of the liquid crystal display 800 of an example 1, and the component which has the same function substantially among the components of a liquid crystal display 900, and the explanation is omitted. A liquid crystal display 900 can be manufactured in the same process as substantially as a liquid crystal display 800.

[0338] As shown in drawing 52, the upper conductive layer 104 of a liquid crystal display 900 has much comparatively small opening 104a in comparison. Here, 23 circular opening 104a is formed every (every upper conductive layer 104) picture element electrode 105. Spacing between opening 104a by which the diameter of opening 104a adjoins in a line writing direction or the direction of a train (direction parallel to gate wiring or source wiring) as 20 micrometers supposes that it is fixed by 4 micrometers, respectively. Opening 104a covers the whole picture element electrode 105, is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature. Moreover, distance of the edge of outermost part (close to edge of upper conductive layer 104) opening 104a of the opening 104a and the edge of the upper conductive layer 104 is set to about 5 micrometers.

[0339] The liquid crystal layer 30 to which it is located in opening 104a by electrical-potential-difference impression with 20 micrometers since the diameter of opening 104a which the upper conductive layer 104 of a liquid crystal display 900 has is comparatively small takes stable radial dip orientation promptly. Moreover, opening 104a is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and since it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature, the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 located between opening 104a is also stable is taken. Furthermore, 4 micrometers and the liquid crystal layer 30 located among opening 104a since it is comparatively short also carry out orientation change of the distance between

adjoining opening 104a promptly. Moreover, the field by which the dip direction of a liquid crystal molecule is not stabilized can be narrowed [ near the edge section of the upper conductive layer 104 ] by arranging opening 104a also near the edge section of the upper conductive layer 104 (about 5 micrometers).

[0340] The liquid crystal display 900 of this example had the quick speed of response compared with the liquid crystal display 800, and it checked actually that the rough deposit of a display was not seen.

[0341] If the configuration which prepares two or more opening 104a every picture element electrode 105 is adopted as mentioned above, it becomes possible to optimize the size of opening 104a, and arrangement, and the liquid crystal display a speed of response and whose stability (repeatability is included) of radial dip orientation improved can be obtained.

[0342] In the transparency mold liquid crystal displays 800 and 900 of the examples 1 and 2 mentioned above, the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located on opening 104a of the upper conductive layer 104 is influenced of the voltage drop by the photopolymer layer 103. Therefore, the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located on opening 104a becomes lower than the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located on the upper conductive layer 104 (field except opening 104a). Therefore, if the same electrical potential difference (signal level) as the upper conductive layer 104 and the lower layer conductive layer 102 is impressed, an electrical-potential-difference-permeability property will change with locations in a picture element field, and the permeability of the liquid crystal layer 30 located on opening 104a will become low relatively. Since it displays in normally black mode, there is nothing that black level floats (the transmission at the time of no electrical-potential-difference impressing rises), but liquid crystal displays 800 and 900 need to impress an electrical potential difference higher than usual to a liquid crystal layer, in order to realize sufficient white level (brightest display condition when actually using).

[0343] What is necessary is just to form a crevice or a hole in the photopolymer layer 103 located in opening 104a, as explained referring to drawing 34 and drawing 35 in order to control the voltage drop by the photopolymer layer 103 of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located in opening 104a. Since the photopolymer is used in the examples 1 and 2, a crevice or a hole can be formed in a well-known photolithography process.

[0344] If a crevice or a hole is formed in the photopolymer layer 103 located in opening 104a, while being able to reduce the voltage drop by the photopolymer layer 103 of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located in opening 104a, decline in the permeability by the photopolymer layer 103 can be reduced, and the utilization effectiveness of light can be improved. Moreover, if thickness of the photopolymer layer 103 in opening 103a is made thin, since the liquid crystal layer 30 thickness on opening 104a will become thick, namely, a retardation will become large compared with the thickness of the liquid crystal layer 30 on the upper conductive layers 104 other than opening 104a, permeability (efficiency for light utilization) improves.

[0345] (Example 3) The sectional view of the mold liquid crystal display 1000 both for transparency reflective of an example 3 is shown in drawing 54, and a top view is shown in drawing 55, respectively. Drawing 54 is the sectional view which met the 54A-54A' line in drawing 55. In the following explanation, the same reference mark shows the component of the liquid crystal display 800 of an example 1, and the component which has the same function substantially among the components of a liquid crystal display 1000, and the explanation is omitted.

[0346] The liquid crystal display 1000 has TFT substrate 1000a, opposite substrate 800b, and the vertical orientation liquid crystal layer 30 arranged among these. Each of the picture element field arranged in the shape of a matrix is driven with the electrical potential difference impressed to the picture element electrode 105 and a counterelectrode 122. The picture element electrode 105 is connected to source wiring 114 through TFT118. TFT118 is given from the gate wiring 108, and the switching is controlled by the \*\*\*\*\* scan signal. A signal level is impressed to the picture element electrode 105 connected to TFT118 made into ON condition by the scan signal.

[0347] The picture element electrode 105 has transparency lower layer conductive layer 102T which function as a transparent electrode, reflective upper conductive layer 104R which functions as a reflector, and the dielectric layer (the layer insulation layer 107 and photopolymer layer 103) prepared among these. Transparency lower layer conductive layer 102T and reflective upper conductive layer 104R are mutually connected electrically in contact hole 107a. Reflective upper conductive layer 104R has opening 104a, and generates slanting electric field in the edge section at the time of electrical-potential-difference impression. The photopolymer layer 103 has opening 103a formed so that it might correspond to opening 104a. Transparency lower layer conductive layer 102T are exposed in opening 103a. Eight opening 104a and opening 103a are formed for every picture element field.

[0348] A liquid crystal display 1000 can be manufactured as follows. Explanation of the same process as the manufacture approach of a liquid crystal display 800 is omitted.

[0349] The spreading process of the photopolymer layer 103 can form TFT substrate 1000a at the same process as TFT substrate 800a (refer to drawing 50 A(a) - (c)).

[0350] Next, as shown in drawing 56 (a), a photopolymer is applied on the layer insulation layer 107. For example, it applies to the thickness of about 3.7 micrometers, using the photopolymer (acrylic resin made from JSR) of a positive type as a photopolymer. In addition, this thickness is set up so that it may become the thickness of about 3 micrometers after postbake process completion.

[0351] In this exposure process, a photopolymer 103 is exposed using the photo mask (for example, refer to drawing 40) which has a predetermined pattern for forming two or more smooth concavo-convex sections in the front face of the photopolymer layer 103 (for example, light exposure about 50 mJ(s)).

[0352] By developing the exposed photopolymer layer 103, the irregularity (un-illustrating) of contact hole 107a, opening 103a, and a front face is formed. Moreover, irregularity formed in the front face of the photopolymer layer 103 can be smoothed by heat-treating if needed.

[0353] Next, as shown in drawing 56 (b), the Mo layer 104R1 of a substrate 101 which turns into the upper conductive layer mostly on the whole surface, and the aluminum layer 104R2 are formed in this order by the sputtering method at the thickness of about 100nm, respectively.

[0354] Then, \*\*\*\* and opening 104a are formed in processing into a predetermined pattern reflective upper conductive layer 104R which consists of a 104R2/Mo layer 104R1 of aluminum layers using a photolithography process. Opening 104a can be carried out in the example 1 by the approach which gave intermediary explanation.

[0355] Moreover, although the dielectric layer pinched between the upper conductive layer 104 and the lower layer conductive layer 113 is formed by the layer insulation layer 107 and two-layer [ of a photopolymer 103 ] here, it is the same as an example 1 that you may form by one layer of either, and may form by the multilayer more than two-layer.

[0356] Next, vertical orientation processing is performed on the inside front face of opposite substrate 800b produced according to TFT substrate 800a and the conventional method which were acquired as mentioned above. For example, a vertical orientation layer is formed using the vertical stacking tendency polyimide made from JSR. Rubbing processing is not performed in a vertical orientation layer.

[0357] A spherical plastics bead with a diameter of 3.0 micrometers is sprinkled on the inside front face of opposite substrate 800b, and opposite substrate 800b and TFT substrate 1000a are stuck on it using a well-known sealing compound. Then, for example, the nematic liquid crystal ingredient (\*\*n=0.0649) which has a negative dielectric anisotropy by Merck Co. is poured in. Thus, a liquid crystal panel is obtained.

[0358] the thickness of the liquid crystal layer 30 of the reflective field (on reflective upper conductive layer 104R) of the obtained liquid crystal panel -- 3 micrometers of the diameter of a plastics bead -- becoming -- a transparency field (field corresponding to opening 104a) -- about 3 micrometers in thickness of the photopolymer layer 103 after 3 micrometers and postbake of the diameter of a plastics bead -- a guide peg -- it is set to about 6 micrometers the bottom. thus, the retardation (liquid crystal

thickness -- rate of dx birefringence  $\times n$ ) to the light used for a display by adjusting the thickness of the photopolymer layer 103 -- a transparency field and a reflective field -- about -- it becomes possible to make it do one and the utilization effectiveness of light improves.

[0359] To the obtained liquid crystal panel, as shown in drawing 43 (a) and (b), the polarizing plates 50a and 50b of a couple and  $\lambda/4$  plates 60a and 60b of a couple are arranged. Since the display action by the transparent mode was explained previously, here explains the display action by the reflective mode in the reflective field of a liquid crystal display 1000.

[0360] First, the display action at the time of no electrical-potential-difference impressing is explained. The light which carries out incidence to a reflective field at right angles to opposite substrate 800b from the opposite substrate 800b side turns into the linearly polarized light through polarizing plate 50b, and carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b. After being changed into the circular polarization of light by  $\lambda/4$  plate 60b, incidence is carried out to the liquid crystal layer 30. It is reflected on the front face of reflective upper conductive layer 104R, and the circular polarization of light which passed the liquid crystal layer 30 and reached reflective upper conductive layer 104R turns into the circular polarization of light of the circumference of reverse, passes the liquid crystal layer 30 again, and it carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b. By  $\lambda/4$  plate 60b, this circular polarization of light turns into the linearly polarized light which has the polarization direction of a direction 45 degrees to the lagging axis SL 1 of  $\lambda/4$  plate 60b, and carries out incidence to polarizing plate 50b. Since the transparency shaft PA 1 of polarizing plate 50b and the polarization shaft of the linearly polarized light which passed  $\lambda/4$  plate 60b lie at right angles, this linearly polarized light is absorbed by polarizing plate 50b. Therefore, the reflective field of a liquid crystal display 1000 will be in a black display condition in the state of no electrical-potential-difference impressing like a transparency field.

[0361] Next, the display action of an electrical-potential-difference impression condition is explained.

[0362] Since offered liquid crystal molecule 30a which carried out vertical orientation to the substrate front face among the liquid crystal layers 30 which are in a radial dip orientation condition in an electrical-potential-difference impression condition does not give phase contrast to the circular polarization of light, this field will be in a black display condition. While passing the liquid crystal layer 30 twice, by the liquid crystal layer 30, phase contrast is given and incidence of the circular polarization of light which carried out incidence to the field (fields other than a vertical orientation field) of others of the liquid crystal layer 30 is carried out to  $\lambda/4$  plate 60b. Since the polarization condition of the light which carries out incidence to  $\lambda/4$  plate 60b has shifted from the circular polarization of light condition, a part of light which passed  $\lambda/4$  plate 60b penetrates polarizing plate 50b. Since it is dependent on the magnitude of the phase contrast given by the liquid crystal layer 30, the amount of this polarization to penetrate may be adjusted by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30. Therefore, also in a reflective field, a gradation display is attained by controlling the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30.

[0363] Arrangement of a polarizing plate or a phase contrast plate is not restricted to the above-mentioned example, but as explained referring to drawing 41 - drawing 47, it may form further  $\lambda/2$  plate, a viewing-angle compensating plate, etc.

[0364] When it constitutes the mold liquid crystal display in two ways using the liquid crystal display by this invention, the configuration of opening 104a, magnitude, a number, and arrangement are restricted by the display property (surface ratio of a transparency field and a reflective field) for which it asks in order to obtain radial dip orientation.

[0365] For example, it is necessary to enlarge surface ratio which reflective upper conductive layer 104R other than opening 104a occupies in a mold liquid crystal display in two ways which thinks using the reflected light as important. It becomes difficult about opening 104a of sufficient magnitude to carry out radial dip orientation of the liquid crystal layer 30 of a reflective field (on reflective upper conductive layer 104R) to stability, when [ sufficient ] number formation cannot be carried out. That is, the azimuth of the dip direction of the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a at the time of electrical-

potential-difference impression is not stabilized (the direction of orientation within the substrate side of liquid crystal molecule 30a seen from the substrate normal does not become a radial, but changes with locations). Therefore, the orientation condition within the substrate side of the molecule shaft of liquid crystal molecule 30a changes more often with picture element fields.

[0366] Here, the display action when carrying out electrical-potential-difference impression is explained to the liquid crystal layer 30 in the reflective field of a liquid crystal display 1000, referring to drawing 57. Drawing 57 shows typically the field where the dip directions (azimuth) of liquid crystal molecule 30a differ 180 degrees.

[0367] The phase contrast which will be given from liquid crystal molecule 30a by the time it is reflected by reflective upper conductive layer 104R and outgoing radiation of the light which carried out incidence to liquid crystal molecule of two right and left from which dip direction differs 30a is carried out to an observer side, as shown in drawing 57 is the same. Dispersion in the direction of an azimuth of the direction of orientation in the liquid crystal layer of the reflective field which displays in reflective mode is hard to be checked by looking as a rough deposit of a display like [ in the case of the transparent mode ] so that he can understand from this.

(Example 4) The sectional view of the mold liquid crystal display 1100 both for transparency reflective of an example 4 is shown in drawing 58. Since it is substantially the same, the top view of the mold liquid crystal display 1100 in two ways is abbreviated to drawing 55. Drawing 58 is equivalent to the sectional view which met the 54A-54A' line in drawing 55.

[0368] In the following explanation, the same reference mark shows the component of the liquid crystal display 1000 of an example 3, and the component which has the same function substantially among the components of a liquid crystal display 1100, and the explanation is omitted. A liquid crystal display 1100 can be manufactured in the same process as substantially as a liquid crystal display 1000.

[0369] A liquid crystal display 1100 differs from the mold liquid crystal display 1000 in two ways of an example 3 in the point that the photopolymer layer 103 has crevice 103b. Crevice 103b of the photopolymer layer 103 can be formed as follows, for example.

[0370] What is necessary is just to expose the photopolymer (acrylic resin made from JSR) of the positive type applied to the thickness (about 3 micrometers in thickness after postbake) of about 3.7 micrometers in the production process of the liquid crystal display 1000 explained while referring to drawing 56, so that it may leave some photopolymers 103 (about 1 micrometer in for example, thickness) in opening 104a (transparency field) (for example, light exposure about 100 mJ(s)). By passing through a next development process, crevice 103b of the predetermined depth (here about 2 micrometers) is formed.

[0371] Hereafter, the liquid crystal panel of a liquid crystal display 1100 is obtained like the liquid crystal display 1000 of an example 3. Here, setting out and the liquid crystal ingredient of a cel gap are made the same as an example 3.

[0372] The thickness of the liquid crystal layer 30 of the reflective field (on reflective upper conductive layer 104R) of the obtained liquid crystal panel is set to about 5 micrometers which turned into 3 micrometers of the diameter of a plastics bead, and added about 3 micrometers in thickness of the photopolymer layer 103 after 3 micrometers and postbake of the diameter of a plastics bead in the transparency field (field corresponding to opening 104a), and lengthened 1 micrometer of residual membrane \*\*\*\* of the photopolymer layer 103 in opening 104a. thus, the retardation (liquid crystal thickness -- rate of  $dx$  birefringence  $\ast n$ ) to the light used for a display by adjusting the thickness of the photopolymer layer 103 -- a transparency field and a reflective field -- about -- it becomes possible to make it do one and the utilization effectiveness of light improves.

[0373] Next, the structure of the edge section of opening 103a of the photopolymer layer 103 in the liquid crystal display 1000 of an example 3 and crevice 103b of the photopolymer layer 103 in the liquid crystal display 1100 of an example 4 is explained, referring to drawing 59 (a) and (b).

[0374] As shown in drawing 59 (a), in the edge section of opening 103a of the photopolymer layer 103, it

is changing gradually, carrying out thickness change which followed the field which does not exist from the field where a photopolymer exists. That is, the side face of opening 103a has become taper-like. It is based on the sensitization property and development property of a photopolymer that the side face of opening 103a becomes taper-like.

[0375] In the edge section of opening 103a in an example 3, as shown in drawing 59 (a), the taper-like side face in which the taper angle  $\theta$  is about 45 degrees is formed. If a vertical orientation layer (un-illustrating) is formed in this taper-like side face, liquid crystal molecule 30a tends to carry out orientation vertically to a taper-like side face. Therefore, liquid crystal molecule 30a on a taper-like side face is in the condition of having inclined from the vertical direction (substrate normal) on the surface of the substrate at the time of no electrical-potential-difference impressing, as [ illustrated ]. If a taper angle is large, with the dip direction by the slanting electric field generated at the time of electrical-potential-difference impression, liquid crystal molecule 30a on a taper-like side face will incline to hard flow, and will become the cause by which radial dip orientation is in disorder.

[0376] On the other hand, as crevice 103b in an example 4 showed to drawing 59 (b), by leaving a part of photopolymer layer 103 in opening 104a Since a photopolymer 103 exists between the liquid crystal layer 30 in opening 104a, and lower layer conductive layer 102T while being able to make small the taper angle  $\theta$  of a taper-like side face, the radial dip orientation by which slanting electric field acted effectively and were stabilized in the liquid crystal layer 30 at the time of electrical-potential-difference impression is obtained. Consequently, the liquid crystal display which has good display grace without a rough deposit is obtained.

[0377] (Example 5) As for the picture element electrode of the transparency mold liquid crystal display of an example 5, unlike the transparency mold liquid crystal display 900 of an example 2, opening is formed also in the edge section of a picture element electrode (the upper conductive layer). Since the liquid crystal display of an example 5 has the same configuration substantially with the liquid crystal display of an example 2 except that arrangement of opening which the upper conductive layer 104 has differs, it omits explanation of common structure here.

[0378] Before explaining the structure of the liquid crystal display of an example 5, and actuation, the fault which the liquid crystal display 900 of an example 2 may have is explained. In addition, this fault may not pose a problem depending on the application of a liquid crystal display.

[0379] A part of upper conductive layer 104 of the liquid crystal display 900 of an example 2 is typically shown in drawing 60. While the upper conductive layer 104 has much comparatively small opening 104a comparatively, opening 104a covers the whole picture element electrode 105, is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature.

[0380] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the liquid crystal layer 30 located in circular opening 104a (field A) which the upper conductive layer 104 has will take the stable radial dip orientation centering on the core SA of opening 104a promptly. Moreover, the liquid crystal layer 30 of the field surrounded by four openings (2x2) 104a located at the lattice point as shown in the field B of drawing 60 takes the stable radial dip orientation centering on the intersection SA of the diagonal line of the square surrounded at the lattice point by impression of an electrical potential difference.

[0381] However, the liquid crystal layer 30 located between the edges of outermost part (close to edge of upper conductive layer 104) opening 104a of the opening 104a as shown in the field C of drawing 60, and the upper conductive layer 104 Since the symmetric property of the slanting electric field generated by the edge section of the upper conductive layer 104 and the slanting electric field generated by the edge section of opening 104a is low compared with the field surrounded at the four lattice points shown in the field B of drawing 60 (the direction of electric field, and symmetric property of strong distribution), the stable orientation condition is not acquired. Consequently, the rough deposit of a display, an after-image, etc. are checked by looking and display grace may fall.



[0382] Although the above-mentioned fault is solvable to some extent by arranging opening 104a near the edge of the upper conductive layer 104 (about 5 micrometers) like the liquid crystal display 900 of an example 2, and narrowing the field (field C) by which the dip direction of a liquid crystal molecule near the edge section of the upper conductive layer 104 is not stabilized, as long as the field is used as a viewing area, it has a certain adverse effect to display grace.

[0383] When it brings close also to remainder and opening 104a is formed in the edge of the upper conductive layer 104, it becomes impossible moreover, to take the radial dip orientation by which the liquid crystal layer 30 in opening 104a was stabilized under the effect of the slanting electric field of the edge section of the upper conductive layer 104. Therefore, there is a limitation also in narrowing the field (field C) by which the dip direction of the liquid crystal molecule near the edge of the upper conductive layer 104 is not stabilized. Although it is also one solution to shade the field by which the dip direction of the liquid crystal molecule shown in the field C of drawing 60 is not stabilized here, since it is accompanied by decline in a numerical aperture, it is not desirable.

[0384] On the other hand, the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of an example 5 has opening 104a' on the edge (the side and angle) of the upper conductive layer 104, as typically shown in drawing 61, drawing 62, and drawing 63. Below, the structure of the upper conductive layer 104 of an example 5 and actuation of the liquid crystal molecule when impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 30 are explained, referring to these drawings. In addition, the edge of the upper conductive layer 104 is prescribed by extension (configuration which connects the outermost side in a straight line, and is acquired) of the upper conductive layer 104, and the continuous line shows it by drawing 61, drawing 62, and drawing 63.

[0385] As shown in drawing 61, drawing 62, and drawing 63, the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of an example 5 has opening 104a' on the edge. Each of opening 104a prepared in addition to the edge has the configuration (here, circular) which has symmetry-of-revolution nature preferably, and each magnitude is mutually equal. moreover, the core (location of a symmetry axis of rotation inversion) of two or more opening 104a is arranged so that it may have symmetry-of-revolution nature (it illustrated typically -- as -- the shape of a tetragonal lattice). Moreover, it is equivalent to what has arranged the core of opening 104a on the edge of the upper conductive layer 104, and, unlike opening 104a, the configuration which has symmetry-of-revolution nature does not become, but opening 104a' formed in the edge has the configuration where the part was missing. For example, when circular, opening 104a becomes a semicircle as the core showed the configuration of opening 104a' located in the side of the upper conductive layer 104 to drawing 61. Moreover, the configuration of opening 104a' where a core is located in the angle (include angle: 90 degrees) of the upper conductive layer 104 serves as a quadrant circle, as shown in drawing 62. Furthermore, when it has the configuration where the upper conductive layer 104 cut and lacked rectangular [ a part of ], opening 104a' located in the angle (include angle: 270 degrees) of the notching section changes to 3/4 yen as [ showed / in drawing 63 ].

[0386] thus -- the upper layer -- a conductive layer -- 104 -- an edge -- preparing -- having had -- opening -- 104 -- a -- ' -- a configuration -- the symmetry of revolution -- a sex -- having -- a configuration -- a part -- having been missing -- a configuration -- it is -- since -- a tetragonal lattice -- four -- a \*\* -- the lattice point -- a top -- a core -- having -- four -- a \*\* -- opening -- 104 -- a -- inside -- at least -- one -- a \*\* -- an edge -- preparing -- having had -- opening -- 104 -- a -- ' -- containing -- if -- these -- arrangement -- the symmetry of revolution -- a sex -- not having -- \*\*\*\*\* . However, if the tetragonal lattice (square) which the core of opening 104a and opening 104a' forms is observed, the corner of each square is occupied with each four quadrant circle of opening 104a and opening 104a', and these four quadrant circles of opening 104a and opening 104a' are arranged so that it may have symmetry-of-revolution nature.

[0387] here, if it thinks on the basis of the part (this will be called "sub opening".) of the quadrant circle of opening 104a located in the corner of each square, and opening 104a', all the fields specified with the edge of the upper conductive layer 104 will be prescribed by sub opening -- it will be mutually divided

into the field of the square of equivalent a large number. Moreover, four sub openings which adjoin mutually form opening 104a of a configuration (here, circular) which has one symmetry-of-revolution nature. In addition, since three adjoining sub openings do not exist in sub opening which specifies the field of a square including the side of the upper conductive layer 104, opening (3/4 yen, semicircle, or 1/4 yen) 104a' of the configuration where a part of configuration (circular) which has symmetry-of-revolution nature was missing is formed.

[0388] namely, -- having mentioned above -- as -- opening -- 104 -- a -- and -- 104 -- a -- ' -- arranging -- if -- the upper layer -- a conductive layer -- 104 -- an edge -- specifying -- having -- a field (typically, it corresponds to a pixel) -- inside -- an edge -- being located -- opening -- 104 -- a -- ' -- corresponding -- a field -- symmetric property -- being low -- a configuration -- becoming -- although -- others -- a field -- the symmetry of revolution -- a sex -- having -- a field (a square field and circular opening 104a) -- the aggregate -- becoming .

[0389] Therefore, if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30 of the liquid crystal display equipped with the upper conductive layer 104 which has arranged opening 104a and 104a' as mentioned above Not only in the field B surrounded by the field A in opening 104a, and opening 104a The liquid crystal layer 30 of the field C (field including the side of the upper conductive layer 104 (an angle is not included)) surrounded by opening 104a and opening 104a' and Field D (field including the angle of the upper conductive layer 104) takes radial dip orientation. Consequently, in the liquid crystal display of this example 5, in the liquid crystal display 900 of an example 2, a twist also becomes large and, as for the area of the field which takes radial dip orientation at the time of electrical-potential-difference impression, can realize the high-definition display without a rough deposit, an after-image, etc.

[0390] In addition, in drawing 61, drawing 62, and drawing 63, although the configuration of opening 104a' formed in the edge of the upper conductive layer 104 was made into 3/4 of opening 104a, 1/2, or a quadrant, as illustrated depending on the magnitude of a pixel pitch and the upper conductive layer 104, it cannot necessarily arrange opening 104a'. In such a case, as long as it takes the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 of the edge section of the upper conductive layer 104 is stable at the time of electrical-potential-difference impression, the configuration of opening 104a' formed in the edge of the upper conductive layer 104 may not be 3/4 of opening 104a, 1/2, or a quadrant, may shift the core of opening 104a' from the location which has the symmetry of revolution, and may be arranged.

[0391] Furthermore, it is not necessary to form opening 104a' in all the sides of the upper conductive layer 104, and angles. On the side and the angle of the upper conductive layer 104 located on components, such as bus wiring (signal wiring and scan wiring) which does not penetrate light especially, even if it does not form opening 104a', the display grace of the liquid crystal display 900 of an example 2 can be improved substantially.

[0392] Moreover, in order to control the voltage drop by the photopolymer layer 103 of the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer 30 located in opening 104a like the transparency mold liquid crystal display of examples 1 and 2, as explained referring to drawing 34 and drawing 35, a crevice or a hole may be formed in the photopolymer layer 103 located in a part of opening 104a.

[0393] In this example, although the transparency mold liquid crystal display was illustrated, of course, arrangement of opening 104a mentioned above and 104a' is applicable to the mold liquid crystal display both for transparency reflective. In this case, like the mold liquid crystal display both for transparency reflective of examples 3 and 4, in order to control the voltage drop by the photopolymer layer 103, a crevice or a hole may be formed in the photopolymer layer 103 located in a part of opening 104a.

[0394] (Example 6) The picture element electrode (the upper conductive layer) of the transparency mold liquid crystal display of an example 6 has opening 104a of arrangement which is different in an example 5, and is stabilizing the radial dip orientation of the liquid crystal layer 30 of the edge section of the upper conductive layer. Since the liquid crystal display of an example 6 has the same configuration substantially with the liquid crystal display of an example 2 and an example 5 except that arrangement of

opening which the upper conductive layer 104 has differs, it omits explanation of common structure here. [0395] A part of upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of an example 6 is shown in drawing 64. Actuation of the liquid crystal molecule at the time of electrical-potential-difference impression is explained to the structure and the liquid crystal layer 30 of the upper conductive layer 104 of an example 6, referring to drawing 64. As shown in drawing 64, opening 104a which the upper conductive layer 104 has is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature. Furthermore, such opening 104a is arranged so that opening 104a nearest to the edge of the upper conductive layer 104 among this opening 104a may form virtual opening 104a" (it does not exist actually) and the tetragonal lattice which were prepared in the outside of the upper conductive layer 104 and that edge of virtual opening 104a" may lap with the edge of the upper conductive layer 104.

[0396] That is, when it considers that the field in which the conductive layer of the outside of the upper conductive layer 104 is not formed is opening, opening 104a is arranged so that the relative configuration (here tetragonal lattice) which has symmetry-of-revolution nature with opening 104a currently formed in the upper conductive layer 104 may be constituted. The difference from arrangement of opening (104a and 104a' is included) in an example 5 is the point that all the openings formed in the upper conductive layer 104 have the same configuration (configuration which has symmetry-of-revolution nature preferably (here, circular)).

[0397] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30 of the liquid crystal display which besides has the layer conductive layer 104, the liquid crystal layer 30 located in opening 104a (field A) which the upper conductive layer 104 has will take stable radial dip orientation promptly. Moreover, opening 104a is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and since it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature, the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 located between opening 104a (field B) is also stable is taken. Furthermore, in the field C near the edge section of the upper conductive layer 104 (field including the side of the upper conductive layer 104), it is located at three openings 104a located at the lattice point, and the lattice point corresponding to it, and the liquid crystal layer 30 takes stable radial dip orientation by virtual opening 104a" (field without a conductive layer) with which the edge and edge of the upper conductive layer 104 lap. Moreover, in the field D including the angle of the upper conductive layer 104, it is located at two openings 104a in the location nearest to the angle of the upper conductive layer 104, and the lattice point corresponding to it, and the liquid crystal layer 30 takes stable radial dip orientation by two virtual opening 104a" (field without a conductive layer) with which the edge and edge of the upper conductive layer 104 lap.

[0398] In addition, in drawing 64, opening 104a is formed so that the edge of virtual opening 104a" located in the side of the upper conductive layer 104 at the lattice point may lap, but as illustrated depending on the magnitude of a pixel pitch and the upper conductive layer 104, opening 104a cannot necessarily be arranged. In such a case, as long as it takes the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 of the edge section of the upper conductive layer 104 is stable at the time of electrical-potential-difference impression, opening 104a may be formed so that a tetragonal lattice may be formed in the location where the edge of virtual opening 104a" shifted from the edge of the upper conductive layer 104.

[0399] Another example of arrangement is indicated to be drawing 64 to drawing 65. The upper conductive layer 104 shown in drawing 65 is formed so that virtual opening 104a" located at the lattice point may lap with the edge of the upper conductive layer 104 like the upper conductive layer 104 of drawing 64. However, in drawing 64, opening 104a' nearest to the edge of the upper conductive layer 104 has the configuration where a part of other opening 104a was missing, in drawing 65 to having had the configuration in which opening 104a nearest to the edge of the upper conductive layer 104 has symmetry-of-revolution nature like other opening 104a. in addition -- opening -- 104 -- a -- a part -- having been missing -- a configuration -- having -- this -- opening -- 104 -- a -- ' -- an example --

five -- the upper layer -- a conductive layer -- 104 -- having -- opening -- 104 -- a -- ' (for example, refer to drawing 61) -- differing -- the -- a core -- the upper layer -- a conductive layer -- 104 -- an edge -- the inside -- being located -- \*\*\*\* .

[0400] The liquid crystal layer 30 of the edge section (Field C and Field D) of the upper conductive layer 104 takes the stable radial dip orientation at the time of electrical-potential-difference impression the same with having mentioned above, while referring to drawing 64 even if it had arranged opening 104a and 104a', as shown in drawing 65. Moreover, the same with having mentioned above, as long as it takes the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 of the edge section of the upper conductive layer 104 is stable at the time of electrical-potential-difference impression, opening 104a may be formed so that a tetragonal lattice may be formed in the location where the edge of virtual opening 104a" shifted from the edge of the upper conductive layer 104.

[0401] (Example 7) Unlike the transparency mold liquid crystal display 900 of an example 2, the transparency mold liquid crystal display 1200 of an example 7 is formed at the lattice point of the tetragonal lattice which the array of two or more opening 104a forms [ contact hole 117a for connecting electrically the upper conductive layer 103 and the lower layer conductive layer 102 ].

[0402] Before explaining the structure of the liquid crystal display 1200 of an example 7, and actuation, the fault which the liquid crystal display 900 of an example 2 may have is explained. In addition, this fault may not pose a problem depending on the application of a liquid crystal display.

[0403] As shown in drawing 53, in comparison, much comparatively small opening 104a covers the whole picture element electrode 105, and the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display 900 of an example 2 is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature. Therefore, if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the liquid crystal layer 30 located in opening 104a which the upper conductive layer 104 has will take stable radial dip orientation promptly. Moreover, in the field surrounded by four openings (2x2) 104a located at the lattice point, if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the stable radial dip orientation which has a core at the intersection of the diagonal line of the square surrounded at the lattice point will be obtained.

[0404] However, if opening 104a is formed so that it may lap with contact hole 107a, since electrical installation of the lower layer conductive layer 102 and the upper conductive layer 104 cannot be performed in the part, it is difficult for the upper conductive layer 104 of the periphery of contact hole 107a to arrange opening 104a in the shape of a tetragonal lattice. Therefore, since the symmetric property (the direction of electric field and symmetric property of strong distribution) of slanting electric field is low, the stable orientation condition is not acquired around contact hole 107a. Consequently, a rough deposit, an after-image, etc. of a display are checked by looking and display grace may fall.

[0405] although this fault be form contact hole 107a on the field where the back light light of auxiliary capacity wiring 119 grade be shade like an example 2 and can be solve to some extent by be hardly visible and carry out the field by which the dip direction of a liquid crystal molecule be stabilize in the circumference of contact hole 107a , as long as that field exist in the light transmission section also partly , it have a certain adverse effect to display grace . here, although it is also one solution to shade thoroughly the field by which the dip direction of the liquid crystal molecule of the contact hole 107a circumference of drawing 53 is not stabilized, it is accompanied by decline in a numerical aperture -- it is not desirable.

[0406] on the other hand, the liquid crystal display 1200 of an example 7 -- drawing 66 and drawing 67 --  
- \*\*\*\*\* -- while opening 104a covers the whole picture element electrode 105 and is arranged in the shape of a tetragonal lattice like, contact hole 117a is formed in the location of the lattice point of the tetragonal lattice. The structure of the liquid crystal display 1200 of an example 7 and actuation are explained referring to these drawings. In addition, in the following explanation, the same reference mark shows the component of the liquid crystal display 900 of an example 2, and the component which has

the same function substantially among the components of a liquid crystal display 1200, and the explanation is omitted. Moreover, a liquid crystal display 1200 can be manufactured in the same process as substantially as a liquid crystal display 900.

[0407] As shown in drawing 66 and drawing 67, while opening 104a covers the whole picture element electrode 105 and being arranged in the shape of a tetragonal lattice, contact hole 117a is formed in the location of the lattice point. Moreover, opening 104a of the upper conductive layer 104 is formed also in the field which the back light light on the auxiliary capacity wiring 119 does not penetrate at the lattice point. Therefore, if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 30, the liquid crystal layer 30 located in opening 104a which the upper conductive layer 104 has will take stable radial dip orientation promptly. The liquid crystal layer 30 located on contact hole 117a also takes stable radial dip orientation promptly. This is because contact hole 117a functions as crevice 103b formed in the photopolymer layer 103 in the mold liquid crystal display 1100 both for transparency reflective of the example 4 shown in drawing 58 similarly.

[0408] Moreover, opening 104a is arranged in the shape of a tetragonal lattice, and since it is arranged so that four openings (2x2) 104a located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature, the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 located between opening 104a is also stable is taken. Furthermore, contact hole 117a and opening 104a are arranged in the shape of a tetragonal lattice, and since it is arranged so that four openings (2x2) 104a and contact hole 117a which are located at the lattice point may have symmetry-of-revolution nature, the radial dip orientation where the liquid crystal layer 30 near the contact hole 117a located between contact hole 117a and opening 104a is also stable is taken.

[0409] As mentioned above, in the liquid crystal display 1200 of an example 7, the field by which the dip direction of the liquid crystal molecule in the circumference of contact hole 107a seen with the liquid crystal display 900 of an example 2 is not stabilized can be lost, and the liquid crystal display of good display grace with which the rough deposit of a display, an after-image, etc. are not checked by looking is obtained.

[0410] Here, as shown in drawing 66, it is desirable [ the magnitude of contact hole 117a ] that it is the same as the magnitude of opening 104a so that contact hole 117a may act on a liquid crystal molecule like [ as possible ] opening 104a. If contact hole 117a has the same configuration in the same magnitude as opening 104a especially, the liquid crystal display excellent in especially the orientation stability of the periphery of contact hole 117a will be obtained. however, from a pixel pitch and the constraint on structure, even when it is difficult to form contact hole 117a and opening 104a in the same magnitude and the same configuration, it has symmetry-of-revolution nature for contact hole 117a and opening 104a -- as (the shape of a tetragonal lattice illustrated typically) -- the orientation of the surrounding liquid crystal layer of contact hole 117a can fully be stabilized by arranging.

[0411] Of course, the configuration illustrated by this example is possible also for applying to the mold liquid crystal display both for transparency reflective, and can be suitably combined with a previous example.

[0412] Although some examples of the liquid crystal display by this invention were explained, the liquid crystal display of the operation gestalten 1-5 of this invention can be carried out similarly.

[0413]

[Effect of the Invention] Since according to this invention a two-layer structure electrode equipped with the upper conductive layer which has opening, a dielectric layer, and a lower layer conductive layer generates slanting electric field in the edge section of opening of the upper conductive layer and radial dip orientation of the liquid crystal molecule of a vertical stacking tendency liquid crystal layer is carried out by it, radial dip orientation can be formed in stability with sufficient repeatability. Therefore, according to this invention, the high liquid crystal display of display grace is offered.

[0414] If the upper conductive layer adopts especially the configuration which has two or more openings, while covering the whole picture element field and obtaining stable radial dip orientation, the liquid

crystal display with which lowering of a speed of response was controlled is offered.

[0415] Furthermore, if the configuration which established the 2nd orientation regulation structure is adopted as the substrate which has a two-layer structure electrode (the 1st orientation regulation structure), and the substrate which counters through a liquid crystal layer, the liquid crystal display which stabilized radial dip orientation further will be offered. The effectiveness which stabilizes orientation is acquired also by adopting the configuration which has heights in opening of the upper conductive layer of a two-layer structure electrode.

[0416] Moreover, in the configuration which has a crevice or a hole in the dielectric layer corresponding to opening of the upper conductive layer, adoption of the configuration which uses the upper conductive layer as a reflector and uses a lower layer conductive layer as a transparent electrode offers the mold liquid crystal display both for transparency reflective with which the display property of the transparent mode and the display property in reflective mode were optimized, respectively.

---

[Translation done.]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing typically the cross section of one picture element field of the liquid crystal display 100 of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 2] (-- a --) -- and -- (-- b --) -- respectively -- this invention -- depending -- operation -- a gestalt -- others -- a liquid crystal display -- 100 -- ' -- and -- 100 -- ' -- one -- a \*\* -- a picture element -- a field -- a cross section -- typical -- being shown -- drawing -- it is .

[Drawing 3] (a), (b), and (c) are the sectional views showing typically one picture element field of the conventional liquid crystal display 200.

[Drawing 4] It is the sectional view showing typically one picture element field of the liquid crystal display 300 for a comparison.

[Drawing 5] It is drawing showing typically the relation of the orientation of line of electric force and a liquid crystal molecule.

[Drawing 6] It is drawing showing typically the orientation condition of the liquid crystal molecule seen from the substrate normal in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 7] (a) And (b) is the mimetic diagram showing the example of the curled form radial inclination orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 8] It is drawing showing typically the example of the radial inclination orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 9] It is drawing showing typically the orientation condition of the liquid crystal molecule seen from the substrate normal in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing typically the example of the radial inclination orientation of a liquid



crystal molecule.

[Drawing 11] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the liquid crystal display 400 of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 12] (a) - (c) is drawing showing typically the relation between the relative configuration of opening of two or more squares, and the orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 13] (a) - (c) is drawing showing typically the relation between the relative configuration of two or more circular openings, and the orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 14] It is drawing showing typically the relation between other relative configurations of two or more circular openings, and the orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 15] It is drawing showing typically the structure of one picture element field of liquid crystal display 400A of the operation gestalt 1 by this invention, and is the sectional view where (a) met the plan and (b) met the 15B-15B' line in (a).

[Drawing 16] (a) - (c) is drawing showing typically the example of the radial inclination orientation of a liquid crystal molecule.

[Drawing 17] (a) And (b) is the plan showing typically other picture element electrodes used for the liquid crystal display of the operation gestalt 1 by this invention.

[Drawing 18] (a) And (b) is the plan showing other picture element electrodes in the pan used for the liquid crystal display of the operation gestalt 1 by this invention typically.

[Drawing 19] (a) And (b) is the plan showing other picture element electrodes in the pan used for the liquid crystal display of the operation gestalt 1 by this invention typically.

[Drawing 20] It is the plan showing other picture element electrodes in the pan used for the liquid crystal display of the operation gestalt 1 by this invention typically.

[Drawing 21] (a) And (b) is the plan showing other picture element electrodes in the pan used for the liquid crystal display of the operation gestalt 1 by this invention typically.

[Drawing 22] (a) is drawing showing typically the unit lattice of the pattern shown in drawing 15 (a), (b) is drawing showing typically the unit lattice of the pattern shown in drawing 20, and (c) is a graph which shows the relation between a pitch  $p$  and a solid aspect product ratio.

[Drawing 23] It is drawing showing typically the structure of one picture element field of liquid crystal display 400B of the operation gestalt 2 by this invention, and is the sectional view where (a) met the plan and (b) met the 23B-23B' line in (a).

[Drawing 24] (a) - (d) is a mimetic diagram for explaining the relation between the orientation of liquid crystal molecule 30a, and the surface configuration of having a perpendicular stacking tendency.

[Drawing 25] It is drawing showing the condition of having impressed the electrical potential difference to the liquid crystal layer 30 of liquid crystal display 400B, and (a) shows typically the condition (ON initial state) that orientation began to change, and, as for (b), shows the steady state typically.

[Drawing 26] (a) - (c) is a typical sectional view of the liquid crystal displays 400C, 400D, and 400E of the operation gestalt 2 where the arrangement relation between opening and heights differs.

[Drawing 27] It is drawing showing typically the cross-section structure of liquid crystal display 400B, and is the sectional view which met the 27A-27A' line in drawing 23 (a).

[Drawing 28] It is drawing showing typically the structure of one picture element field of liquid crystal display 400F of the operation gestalt 2 by this invention, and is the sectional view where (a) met the plan and (b) met the 28A-28A' line in (a).

[Drawing 29] (a) - (e) is drawing showing typically opposite substrate 200b which has the 2nd orientation regulation structure 28.

[Drawing 30] It is drawing showing typically liquid crystal display 400G [ equipped with the 1st orientation regulation structure and the 2nd orientation regulation structure ], and (a) is a plan and (b) is the sectional view which met the 30B-30B' line in (a).

[Drawing 31] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of liquid crystal display 400G, and (a) shows electrical-potential-difference the condition of not impressing,

and (b) shows the condition (ON initial state) that orientation began to change, and, as for (c), it shows the steady state.

[Drawing 32] It is drawing showing typically other liquid crystal display 400H [ equipped with the 1st orientation regulation structure and the 2nd orientation regulation structure ], and (a) is a plan and (b) is the sectional view which met the 32B-32B' line in (a).

[Drawing 33] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of liquid crystal display 400H, and (a) shows electrical-potential-difference the condition of not impressing, and (b) shows the condition (ON initial state) that orientation began to change, and, as for (c), it shows the steady state.

[Drawing 34] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the liquid crystal display 500 of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 35] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the liquid crystal display 600 of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 36] It is the typical sectional view expanded near the picture element electrode of the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 37] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the liquid crystal display 700 of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 38 A] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the mold liquid crystal display 150 in two ways of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 38 B] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the mold liquid crystal display 550 in two ways of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 38 C] It is drawing showing typically the cross-section structure of one picture element field of the mold liquid crystal display 650 in two ways of the operation gestalt by this invention.

[Drawing 39] It is the mimetic diagram showing the structure of a near [ opening in the mold liquid crystal display in two ways of the operation gestalt by this invention ].

[Drawing 40] It is the mimetic diagram showing the structure of a near [ opening in the mold liquid crystal display in two ways of the operation gestalt by this invention ].

[Drawing 41] It is drawing showing the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention, and arrangement of a polarizing plate (electrical-potential-difference condition of not impressing).

[Drawing 42] It is drawing showing the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention, and arrangement of a polarizing plate (electrical-potential-difference impression condition).

[Drawing 43] It is drawing showing arrangement of the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention, a polarizing plate, and  $\lambda/4$  plate (electrical-potential-difference condition of not impressing).

[Drawing 44] It is drawing showing arrangement of the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention, a polarizing plate, and  $\lambda/4$  plate (electrical-potential-difference impression condition).

[Drawing 45] It is drawing showing other arrangement of the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention, a polarizing plate, and  $\lambda/4$  plate (electrical-potential-difference condition of not impressing).

[Drawing 46] It is drawing showing arrangement of the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention and a polarizing plate,  $\lambda/4$  plate, and  $\lambda/2$  plate (electrical-potential-difference condition of not impressing).

[Drawing 47] It is drawing showing other arrangement of the orientation condition of the liquid crystal molecule in the liquid crystal display of the operation gestalt by this invention and a polarizing plate,  $\lambda/4$  plate, and  $\lambda/2$  plate (electrical-potential-difference condition of not impressing).

[Drawing 48] It is the typical sectional view of the transparency mold liquid crystal display 800 of the

example 1 by this invention.

[Drawing 49] It is the typical top view of the transparency mold liquid crystal display 800 of the example 1 by this invention.

[Drawing 50 A] It is the typical sectional view showing the production process of a liquid crystal display 800.

[Drawing 50 B] It is the typical sectional view showing other production processes of a liquid crystal display 800.

[Drawing 51] It is drawing showing typically the situation of the picture element field when impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer of a liquid crystal display 800.

[Drawing 52] It is the typical sectional view of the transparency mold liquid crystal display 900 of the example 2 by this invention.

[Drawing 53] It is the typical top view of the transparency mold liquid crystal display 900 of the example 2 by this invention.

[Drawing 54] It is the typical sectional view of the mold liquid crystal display 1000 in two ways of the example 3 by this invention.

[Drawing 55] It is the typical top view of the mold liquid crystal display 1000 in two ways of the example 3 by this invention.

[Drawing 56] It is the typical sectional view showing the production process of a liquid crystal display 1000.

[Drawing 57] It is a mimetic diagram for explaining the display action when carrying out electrical-potential-difference impression to the liquid crystal layer in the reflective field of a liquid crystal display 1000.

[Drawing 58] It is the typical sectional view of the mold liquid crystal display 1100 in two ways of the example 4 by this invention.

[Drawing 59] It is drawing showing typically the structure of the edge section of opening 103a of the photopolymer layer 103 in a liquid crystal display 1000, and crevice 103b of the photopolymer layer 103 in a liquid crystal display 1100.

[Drawing 60] It is the top view showing typically a part of upper conductive layer 104 of the liquid crystal display 900 of the example 2 by this invention.

[Drawing 61] It is drawing in which preparing near the side of the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of the example 5 by this invention, and showing arrangement of \*\*\*\* opening typically.

[Drawing 62] It is drawing showing typically arrangement of opening prepared near the angle of the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of the example 5 by this invention.

[Drawing 63] It is drawing showing typically arrangement of opening prepared near the notching section of the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of the example 5 by this invention.

[Drawing 64] It is drawing showing arrangement of opening of the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of the example 6 by this invention in a \*\* type.

[Drawing 65] It is drawing showing other arrangement of opening of the upper conductive layer 104 of the liquid crystal display of the example 6 by this invention in a \*\* type.

[Drawing 66] It is the typical top view of the liquid crystal display 1200 of the example 7 by this invention.

[Drawing 67] It is the typical sectional view of the liquid crystal display 1200 of the example 7 by this invention.

[Description of Notations]

11 21 Transparence insulation substrate

12 Lower Layer Conductive Layer

13 Dielectric Layer

1414A, 14B, 14C, 14D, 14E, 14F, 14G, 14H, 14I The upper conductive layer

14a Opening  
15 Picture Element Electrode (Two-layer Structure Electrode)  
22 Counterelectrode  
30 Liquid Crystal Layer  
30a Liquid crystal molecule  
50a, 50b Polarizing plate  
60a, 60b  $\lambda/4$  plate  
70a, 70b  $\lambda/2$  plate  
100, 100', 100'' Liquid crystal display  
100a, 400a, 400b TFT substrate  
100b, 200b Opposite substrate  
14a Opening  
14b Solid section (electric conduction film)  
14b' Unit solid section  
22 Counterelectrode  
30 Liquid Crystal Layer  
30a Liquid crystal molecule  
40, 40A, 40B, 40C, 40D Heights  
40s Side face of heights  
40t Top face of heights  
100, 100', 100'' Liquid crystal display  
100a, 400b TFT substrate  
100b Opposite substrate

---

[Translation done.]



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記複数の絵素領域内のそれぞれの液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、

前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けた上層導電層とを有し、前記上層導電層は少なくとも1つの第1開口部を有し、且つ、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部の少なくとも一部と対向するように設けられている液晶表示装置。

【請求項2】 前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部に対向する領域を含む領域に設けられている請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記少なくとも1つの第1開口部は四角形である、請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記少なくとも1つの第1開口部は円形である、請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部である請求項1から4のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記上層導電層が有する前記複数の第1開口部は、規則的に配置されている請求項5に記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記誘電体層は、前記少なくとも1つの第1開口部内に、凹部または穴を有する請求項1から6のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項8】 前記下層導電層は、前記第1開口部に対向する領域内に第2開口部を有する、請求項1から7のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項9】 前記上層導電層および前記下層導電層のうちのいずれか一方は透明導電層であり、他方は反射導電層である、請求項1から8のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項10】 前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部であって、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって、前記第1電極に形成された前記複数の第1開口部に対向する領域内の前記液晶層がそれぞれ放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する、請求項1から9のいずれかに記載の液晶表示装置。

2

【請求項11】 前記第2基板は、前記複数の液晶ドメインの少なくとも1つの液晶ドメインに対応する領域に、前記少なくとも1つの液晶ドメイン内の液晶分子を少なくとも電圧印加状態において放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する配向規制構造をさらに有する、請求項10に記載の液晶表示装置。

【請求項12】 前記配向規制構造は、前記少なくとも1つの液晶ドメインの中央付近に対応する領域に設けられている、請求項11に記載の液晶表示装置。

【請求項13】 前記少なくとも1つの液晶ドメイン内において、前記配向規制構造による配向規制方向は、前記放射状傾斜配向の方向と整合する、請求項11または12に記載の液晶表示装置。

【請求項14】 前記配向規制構造は、電圧無印加状態においても、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する、請求項11から13のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項15】 前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に突き出た凸部である、請求項14に記載の液晶表示装置。

【請求項16】 前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に設けられた水平配向性の表面を含む、請求項14に記載の液晶表示装置。

【請求項17】 前記配向規制構造は、電圧印加状態においてのみ、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する、請求項11から13のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項18】 前記配向規制構造は、前記第2電極に設けられた開口部を含む、請求項17に記載の液晶表示装置。

【請求項19】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の偏光板をさらに有し、前記一対の偏光板はクロスニコル状態に配置されている、請求項1から18のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項20】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の4分の1波長板をさらに有し、前記一対の4分の1波長板のそれぞれは、前記液晶層と前記一対の偏光板のそれぞれとの間に配置されている、請求項19に記載の液晶表示装置。

【請求項21】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の2分の1波長板をさらに有し、前記一対の2分の1波長板のそれぞれは、前記一対の偏光板のそれぞれと前記一対の4分の1波長板のそれぞれとの間に配置されている、請求項20に記載の液晶表示装置。

【請求項22】 前記一対の4分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されている、請求項20または21に記載の液晶表示装置。

【請求項23】 前記一対の2分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されている、請求項20から



(3)

3

2 2 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 2 4】 前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に印加された電圧によって渦巻き配向状態をとる請求項 2 0 から 2 3 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 2 5】 前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に印加された電圧によって前記液晶層に沿ったツイスト配向状態をとる微小領域を含む、請求項 2 4 に記載の液晶表示装置。

【請求項 2 6】 前記第 1 基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、

前記第 1 電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第 2 電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも 1 つの対向電極である請求項 1 から 2 5 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 2 7】 第 1 基板と、第 2 基板と、前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第 1 基板の前記液晶層側に設けられた第 1 電極と、前記第 2 基板に設けられ前記第 1 電極に前記液晶層を介して対向する第 2 電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記第 1 電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記上層導電層は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されたときに、前記上層導電層の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部または前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う、液晶表示装置。

【請求項 2 8】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも 1 つの単位格子を形成する、請求項 2 7 に記載の液晶表示装置。

【請求項 2 9】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有する、請求項 2 8 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3 0】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれは略円形である請求項 2 8 または 2 9 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3 1】 前記中実部は、前記少なくとも一部の

4

開口部にそれぞれが実質的に包囲された複数の単位中実部を有し、前記複数の単位中実部のそれぞれは略円形である、請求項 2 8 から 3 0 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 3 2】 前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第 1 電極の前記複数の開口部の面積の合計は、前記第 1 電極の前記中実部の面積より小さい、請求項 2 7 から 3 1 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 3 3】 前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記第 1 基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する、請求項 2 7 から 3 2 のいずれかに記載に液晶表示装置。

【請求項 3 4】 前記第 1 基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、

前記第 1 電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第 2 電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも 1 つの対向電極である請求項 2 7 から 3 3 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置に関し、特に、広視野角を特性を有し、高表示品位の表示を行う液晶表示装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータのディスプレイや携帯情報端末機器の表示部に用いられる表示装置として、薄型軽量の液晶表示装置が利用されている。しかしながら、従来のツイストネマチック型 (TN 型)、スーパーツイストネマチック型 (STN 型) 液晶表示装置は、視野角が狭いという欠点を有しており、それを解決するために様々な技術開発が行なわれている。

【0 0 0 3】 TN 型や STN 型の液晶表示装置の視野角特性を改善するための代表的な技術として、光学補償板を付加する方式がある。他の方式として、基板の表面に対して水平方向の電界を液晶層に印加する横電界方式がある。この横電界方式の液晶表示装置は、近年量産化され、注目されている。また、他の技術としては、液晶材料として負の誘電率異方性を有するネマチック液晶材料を用い、配向膜として垂直配向膜を用いる DAP (deformation of vertical aligned phase) がある。これは、電圧制御屈折 (ECB: electrically controlled birefringence) 方式の 1 つであり、液晶分子の複屈折性を利用して透過率を制御する。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、横電界

(4)

5

方式は広視野角化技術として有効な方式の1つではあるものの、製造プロセスにおいて、通常のTN型に比べて生産マージンが著しく狭いため、安定な生産が困難であるという問題がある。これは、基板間のギャップむらや液晶分子の配向軸に対する偏光板の透過軸（偏光軸）方向のずれが、表示輝度やコントラスト比に大きく影響するためであり、これらを高精度に制御して、安定な生産を行なうためには、さらなる技術開発が必要である。

【0005】また、DAP方式の液晶表示装置で表示ムラの無い均一な表示を行なうためには、配向制御を行なう必要がある。配向制御の方法としては、配向膜の表面をラビングすることにより配向処理する方法がある。しかしながら、垂直配向膜にラビング処理を施すと、表示画像中にラビング筋が発生しやすく量産には適していない。

【0006】一方、ラビング処理を行わずに配向制御を行なう方法として、電極にスリット（開口部）を形成することによって、斜め電界を発生させ、その斜め電界によって液晶分子の配向方向を制御する方法も考案されている（例えば、特開平6-301036号公報）。しかしながら、本願発明者が検討した結果、この方法には下記の問題があることが分かった。

【0007】電極にスリット（開口部）を形成することによって斜め電界を発生させる構成を採用すると、電極に形成されたスリットに対応する領域の液晶層に十分な電圧を印加することができず、その結果、スリットに対応する領域の液晶層の液晶分子の配向を十分に制御できず、電圧印加時の透過率のロスが生じるという問題がある。

【0008】本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、表示品位の高い液晶表示装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって規定される絵素領域を複数有し、前記複数の絵素領域内のそれぞれの液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は少なくとも1つの第1開口部を有し、且つ、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部の少なくとも一部と対向するように設けられており、そのことによって、上記目的が達成される。

6

第1開口部を有する上層導電層は、第1開口部のエッジ部に斜め電界を生成し、液晶分子を放射状傾斜配向させるように作用する。また、第1開口部に対向する領域には下層導電層による電界が印加されるので、第1開口部に位置する液晶分子の配向が安定する。

【0010】前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部に対向する領域を含む領域に設けられていることが好ましい。第1開口部に位置する液晶層に有効に電界を作用させることができる。

【0011】前記少なくとも1つの第1開口部は四角形であってもよいし、円形であってもよい。

【0012】前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部であることが好ましい。複数の第1開口部を有する構成を採用すると、絵素領域全体に亘って安定な放射状傾斜配向を形成させることができる。また、応答速度の低下を抑制することができる。

【0013】前記上層導電層が有する前記複数の第1開口部は、規則的に配置されていることが好ましい。特に、回転対称性を有するように前記複数の第1開口部を配置することが好ましい。

【0014】前記誘電体層は、前記少なくとも1つの第1開口部内に、凹部または穴を有する構成としてもよい。誘電体層に凹部または穴を有する構成を採用すると、誘電体層による電圧降下を抑制できる。また、液晶層の厚さを調整することもできる。

【0015】前記下層導電層は、前記第1開口部に対向する領域内に第2開口部を有する構成としてもよい。第2開口部は、第1開口部内の液晶層の放射状傾斜配向の中心を安定化するように作用する。

【0016】前記上層導電層および前記下層導電層のうちのいずれか一方は透明導電層であり、他方は反射導電層である構成としてもよい。特に、上層導電層を反射電極とし、下層導電層を透明電極とする構成を採用すると、透過モードの表示特性と反射モードの表示特性をそれぞれ最適化することが可能となる。

【0017】前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部であって、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって、前記第1電極に形成された前記複数の第1開口部に対向する領域内の前記液晶層がそれぞれ放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する構成とすることが好ましい。

【0018】前記第2基板は、前記複数の液晶ドメインの少なくとも1つの液晶ドメインに対応する領域に、前記少なくとも1つの液晶ドメイン内の液晶分子を少なくとも電圧印加状態において放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する配向規制構造をさらに有する構成としてもよい。

(5)

7

【0019】前記配向規制構造は、前記少なくとも1つの液晶ドメインの中央付近に対応する領域に設けられていることが好ましい。

【0020】前記少なくとも1つの液晶ドメイン内において、前記配向規制構造による配向規制方向は、前記放射状傾斜配向の方向と整合することが好ましい。

【0021】前記配向規制構造は、電圧無印加状態においても、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する構成としてもよい。

【0022】前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に突き出た凸部であってよい。

【0023】前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に設けられた水平配向性の表面を含む構成であってもよい。

【0024】前記配向規制構造は、電圧印加状態においてのみ、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する構成であってもよい。

【0025】前記配向規制構造は、前記第2電極に設けられた開口部を含む構成であってよい。

【0026】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一对の偏光板をさらに有し、前記一对の偏光板はクロスニコル状態に配置される構成としてもよい。

【0027】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一对の4分の1波長板をさらに有し、前記一对の4分の1波長板のそれぞれは、前記液晶層と前記一对の偏光板のそれぞれとの間に配置されている構成とすることが好ましい。

【0028】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一对の2分の1波長板をさらに有し、前記一对の2分の1波長板のそれぞれは、前記一对の偏光板のそれぞれと前記一对の4分の1波長板のそれぞれとの間に配置されている構成とすることがさらに好ましい。

【0029】前記一对の4分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されていることが好ましい。

【0030】前記一对の2分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されていることが好ましい。

【0031】前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって渦巻き配向状態をとる構成とすることが好ましい。

【0032】前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって前記液晶層に沿ってツイスト配向状態をとる微小領域を含むことがさらに好ましい。

【0033】前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である構成としても

8

よい。対向電極は、典型的には単一の電極である。

【0034】本発明による他の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記上層導電層は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されたときに、前記上層導電層の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部または前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う構成を有し、そのことによって上記目的が達成される。

【0035】前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも1つの単位格子を形成することが好ましい。

【0036】前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有することが好ましい。

【0037】前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は略円形であってよい。

【0038】前記中実部は、前記少なくとも一部の開口部にそれぞれが実質的に包囲された複数の単位中実部を有し、前記複数の単位中実部のそれぞれの形状は略円形であってよい。

【0039】前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第1電極の前記複数の開口部の面積の合計は、前記第1電極の前記中実部の面積より小さいことが好ましい。

【0040】前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する構成としてもよい。

【0041】前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である構成としても

(6)

9

よい。対向電極は、典型的には単一の電極である。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0043】（実施形態1）まず、本発明の液晶表示装置が有する電極構造とその作用とを説明する。本発明による液晶表示装置は、優れた表示特性を有するので、アクティブマトリクス型液晶表示装置に好適に利用される。以下では、薄膜トランジスタ（TFT）を用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置について、本発明の実施形態を説明する。本発明はこれに限られず、MIMを用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置や単純マトリクス型液晶表示装置に適用することができる。また、以下では、透過型液晶表示装置を例に本発明の実施形態を説明するが、本発明はこれに限られず、反射型液晶表示装置や、さらに、後述する透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。

【0044】なお、本願明細書においては、表示の最小単位である「絵素」に対応する液晶表示装置の領域を「絵素領域」と呼ぶ。カラー液晶表示装置においては、R、G、Bの「絵素」が1つの「画素」に対応する。絵素領域は、アクティブマトリクス型液晶表示装置においては、絵素電極と絵素電極と対向する対向電極とが絵素領域を規定する。また、単純マトリクス型液晶表示装置においては、ストライプ状に設けられる列電極と列電極と直交するように設けられる行電極とが互いに交差するそれぞれの領域が絵素領域を規定する。なお、ブラックマトリクスが設けられる構成においては、厳密には、表示すべき状態に応じて電圧が印加される領域のうち、ブラックマトリクスの開口部に対応する領域が絵素領域に対応することになる。

【0045】本発明による実施形態の液晶表示装置100の1つの絵素領域の断面を模式的に図1に示す。以下では、説明の簡単さのためにカラーフィルタやブラックマトリクスを省略する。また、以下の図面においては、液晶表示装置100の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。なお、わかり易さのために、図1は液晶表示装置100の1つの絵素領域を示すこととするが、後に詳述するように、本発明による液晶表示装置は図1に示した電極構成を1つの絵素領域内に少なくとも1つ有せばよい。

【0046】液晶表示装置100は、アクティブマトリクス基板（以下「TFT基板」と呼ぶ。）100aと、対向基板（「カラーフィルタ基板」とも呼ぶ）100bと、TFT基板100aと対向基板100bとの間に設けられた液晶層30とを有している。液晶層30の液晶分子30aは、負の誘電率異方性を有し、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側の表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって、液晶層30

10

に電圧が印加されていないとき、図1(a)に示したように、垂直配向膜の表面に対して垂直に配向する。このとき、液晶層30は垂直配向状態にあるという。但し、垂直配向状態にある液晶層30の液晶分子30aは、垂直配向膜の種類や液晶材料の種類によって、垂直配向膜の表面（基板の表面）の法線から若干傾斜することがある。一般に、垂直配向膜の表面に対して、液晶分子軸（「軸方位」とも言う。）が約85°以上の角度で配向した状態が垂直配向状態と呼ばれる。

【0047】液晶表示装置100のTFT基板100aは、透明基板（例えばガラス基板）11とその表面に形成された絵素電極15とを有している。対向基板100bは、透明基板（例えばガラス基板）21とその表面に形成された対向電極22とを有している。液晶層30を介して互に対向するように配置された絵素電極15と対向電極22とに印加される電圧に応じて、絵素領域ごとの液晶層30の配向状態が変化する。液晶層30の配向状態の変化に伴い、液晶層30を透過する光の偏光状態や量が変化する現象を利用して表示が行われる。

【0048】液晶表示装置100が有する絵素電極15は、下層導電層12と、下層導電層12の少なくとも一部を覆う誘電体層13と、誘電体層の液晶層30側に設けられた上層導電層14とを有している。図1に示した液晶表示装置100においては、開口部14aに対向する基板11上の領域を全て含む領域に下層導電層12が形成されている（下層導電層12の面積>開口部14aの面積）。

【0049】なお、本実施形態の液晶表示装置における絵素電極15の構成は、上記の例に限られず、図2(a)に示す液晶表示装置100'のように、開口部14aに対向する基板11上の領域に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積=開口部14aの面積）。また、図2(b)に示す液晶表示装置100'のように、開口部14aに対向する基板11上の領域内に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積<開口部14aの面積）。すなわち、下層導電層12は、誘電体層13を介して開口部14aの少なくとも一部と対向するように設けられていればよい。但し、下層導電層12が開口部14a内に形成された構成（図2(b)）においては、基板11の法線方向から見た平面内に、下層導電層12および上層導電層14のいずれもが存在しない領域（隙間領域）が存在し、この隙間領域に対向する領域の液晶層30に十分な電圧が印加されないことがある。従って、液晶層30の配向を安定化するように、この隙間領域の幅（図2(b)中のWS）を十分に狭くすることが好ましい。WSは、典型的には、約4μmを越えないことが好ましい。

【0050】なお、下層導電層12および上層導電層14を備える絵素電極15を「2層構造電極」と呼ぶこともある。「下層」および「上層」は、2つの電極12お

(7)

11

よび14の誘電体層13に対する相対的な関係を表すために用いた用語であり、液晶表示装置の使用時の空間的な配置を制限するものではない。さらに、「2層構造電極」は、下層導電層12および上層導電層14以外の電極を有する構成を排除するものではなく、少なくとも下層導電層12および上層導電層14を有し、以下に説明する作用を有する構成であればよい。また、2層構造電極は、TFT型液晶表示装置における絵素電極である必要はなく、絵素領域ごとに2層構造電極を有せば他のタイプの液晶表示装置にも適用され得る。具体的には、例えば、単純マトリクス型液晶表示装置における列電極（信号電極）が、絵素領域毎に2層構造を有せば、絵素領域内の列電極が2層構造電極として機能する。

【0051】次に、図1、図3および図4を参照しながら、2層構造電極を備える液晶表示装置の動作を、他の構成の電極を備える液晶表示装置の動作と比較しながら説明する。

【0052】まず、液晶表示装置100の動作を、図1を参照しながら説明する。

【0053】図1(a)は、電圧が印加されていない液晶層30内の液晶分子30aの配向状態（OFF状態）を模式的に示している。図1(b)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態（ON初期状態）を模式的に示している。図1(c)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図1では、簡単さのために、絵素電極15を構成する下層導電層12および上層導電層14に同一の電圧を印加した例を示している。図1(b)および(c)中の曲線EQは等電位線EQを示す。

【0054】図1(a)に示したように、絵素電極15と対向電極22が同電位のとき（液晶層30に電圧が印加されていない状態）には、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0055】液晶層30に電圧を印加すると、図1(b)に示した等電位線EQ（電気力線と直交する）EQで表される電位勾配が形成される。絵素電極15の上層導電層14と対向電極22との間に位置する液晶層30内には、上層導電層14および対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層14の開口部14aの上に位置する液晶層30には、下層導電層12と対向電極22との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層30内に形成される電位勾配が、誘電体層13による電圧降下（容量分割）の影響を受けるので、液晶層30内に形成される等電位線EQは、開口部14aに対応する領域で落ち込む（等電位線EQに「谷」が形成される）。開口部14aに対応する領域で、等電位線EQの一部が誘電体層13内に侵入していることが、誘電体

12

層13によって電圧降下（容量分割）が生じていることを表している。誘電体層13を介して開口部14aに対向する領域に下層導電層12が形成されているので、開口部14aの中央付近上に位置する液晶層30内にも、上層導電層14および対向電極22の面に対して平行な等電位線EQで表される電位勾配が形成される（等電位線EQの「谷の底」）。開口部14aのエッジ部（開口部14aの境界（外延）を含む開口部14aの内側周辺）EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0056】負の誘電異方性を有する液晶分子30aには、液晶分子30aの軸方位を等電位線EQに対して平行（電気力線に対して垂直）に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図1(b)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線EQに平行に配向する。

【0057】ここで、図5を参照しながら、液晶分子30aの配向の変化を詳細に説明する。

【0058】液晶層30に電界が生成されると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、その軸方位を等電位線EQに対して平行に配向させようとするトルクが作用する。図5(a)に示したように、液晶分子30aの軸方位に対して垂直な等電位線EQで表される電界が発生すると、液晶分子30aには時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、図3を参照しながら後述するように、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層30内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子30aと、反時計回りに方向のトルクを受ける液晶分子30aとが混在する。その結果、液晶層30に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

【0059】図1(b)に示したように、本発明による液晶表示装置100の開口部14aのエッジ部EGにおいて、液晶分子30aの軸方位に対して傾斜した等電位線EQで表される電界（斜め電界）が発生すると、図5(b)に示したように、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。また、液晶分子30aの軸方位に対して垂直方向の等電位線EQで表される電界が発生する領域に位置する液晶分子30aは、図5(c)に示したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと同じ方向に傾斜する。なお、「等電位線EQ上に位置する」とは、「等電位線EQで表される電界内に位置する」ことを意味する。

【0060】上述したように、傾斜した等電位線EQ上



(8)

13

に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図1(c)に模式的に示した配向状態となる。開口部14aの中央付近に位置する液晶分子30aは、開口部14aの互いに対向する両側のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響をほぼ同等に受けるので、等電位線EQに対して垂直な配向状態を保ち、開口部14aの中央から離れた領域の液晶分子30aは、それぞれ近い方のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部14aの中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。この配向状態は、液晶表示装置100の表示面に垂直な方向(基板11および21の表面に垂直な方向)からみると、液晶分子30aの軸方位が開口部14aの中心に関して放射状に配向した状態にある(不図示)。そこで、本願明細書においては、このような配向状態を「放射状傾斜配向」と呼ぶことにする。

【0061】液晶表示装置の視角依存性を全方位において改善するためには、それぞれの絵素領域内の液晶分子の配向が表示面に垂直な方向の軸を中心とする回転対称性を有することが好ましく、軸対称性を有することがさらに好ましい。従って、開口部14aは絵素領域の液晶層30の配向が回転対称性(または軸対称性)を有するように配置されることが好ましい。絵素領域毎に1つの開口部14aを形成する場合には、開口部14aを絵素領域の中央に設けることが好ましい。また、開口部14aの形状(液晶層30の層面内における形状)も、回転対称性(軸対称性)を有することが好ましく、正方形などの正多角形や円形であることが好ましい。絵素領域に複数の開口部14aを形成する場合の配置については、後述する。

【0062】図1(a)～(c)を参照しながら説明したように、本発明による液晶表示装置100は、絵素領域毎に2層構造電極15を有しており、絵素領域内の液晶層30内に、傾斜した領域を有する等電位線EQで表される電界を生成する。電圧無印加時に垂直配向状態にある液晶層30内の負の誘電異方性を有する液晶分子30aは、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aの配向変化をトリガーとして、配向方向を変化し、安定な放射状傾斜配向を形成する。勿論、図2(a)および(b)に示した液晶表示装置100'および100''も同様に動作する。但し、図2(b)の構成において、隙間領域WSがあまり大きくなると(例えば、約5μmを越えると)、開口部14aのエッジ部には十分な電圧が印加されず、表示に寄与しない領域となってしまうことがある。

【0063】次に、図3を参照しながら、従来の典型的な液晶表示装置200の動作を説明する。図3(a)～(c)は、液晶表示装置200の1つの絵素領域を模式的に示している。

【0064】液晶表示装置200は、互いに対向するよ

14

うに配置された絵素電極15Aおよび対向電極22を有する。絵素電極15Aおよび対向電極22は、いずれも開口部14aを有しない、単一の導電層から形成されている。

【0065】図3(a)に示したように、液晶層30に電圧が印加されていないとき、液晶層30は垂直配向状態をとる。

【0066】液晶層30に電圧を印加することによって生成される電界は、図3(b)に示したように、絵素領域全体に亘って、絵素電極15Aおよび対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される。このとき、液晶分子30aは軸方位が等電位線EQに対して平行となるように配向方向を変えようとするが、液晶分子30aの軸方位と等電位線EQとが直交する電界下においては、図5(a)に示したように、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まらない。液晶分子30aは、典型的には、垂直配向膜の局所的な表面状態の違いの影響を受け、種々の方向に傾斜し始める。その結果、液晶分子30aの配向状態が複数の絵素領域間で異なり、液晶表示装置200による表示は、ざらついた表示となる。また、液晶層30の配向状態が図3(c)に示した定常状態に到達するまでに、上述した本発明の液晶表示装置100よりも長い時間が必要となる。

【0067】すなわち、本発明の液晶表示装置100は、従来の液晶表示装置200と比較し、ざらつきのない高品位の表示が可能であり、且つ、応答速度が速い、という特徴を有している。

【0068】次に、図4を参照しながら、絵素電極15Bに開口部15bを有する液晶表示装置300の動作を説明する。絵素電極15Bは開口部15bを有する単一の電極で構成されており、下層導電層12(例えば図1参照)を有していない点において本発明の液晶表示装置の絵素電極15と異なる。液晶表示装置300は、前述した特開平6-301036号公報に開示されている、対向電極に開口部14aを有する液晶表示装置と同様に斜め電界を液晶層30中に発生する。

【0069】液晶表示装置300の液晶層30は、図4(a)に示したように、電圧無印加時には垂直配向状態をとる。電圧無印加時の液晶層30の配向状態は、本発明の液晶表示装置(図1および図2)や従来の典型的な液晶表示装置(図3)と同じである。

【0070】液晶層30に電圧を印加すると、図4(b)に示した等電位線EQで表される電界が生成される。絵素電極15Bは、本実施形態の液晶表示装置100の絵素電極15(例えば図1参照)と同様に開口部15bを有するので、液晶表示装置200の液晶層30に生成される等電位線EQは、開口部15bに対応する領域で落ち込み、開口部15bのエッジ部EG上の液晶層30内に傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。しかし、絵素電極15Bは単一の導電層から



(9)

15

形成されており、開口部15bに対応する領域には下層導電層（絵素電極と同じ電位）を有しないので、開口部15b上に位置する液晶層30内には電界が生成されない領域（等電位線EQが描かれていない領域）が存在する。

【0071】上述のような電界下に置かれた負の誘電率異方性を有する液晶分子30aは、以下の様に振舞う。まず、開口部15bのエッジ部EG上の液晶分子30aは、図4（b）中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線EQに平行に配向する。これは、図1（b）を参照しながら説明した、本実施形態の液晶表示装置100における液晶分子30aと同じ振る舞いであり、エッジ部EG付近の液晶分子30aの傾斜（回転）方向を一義的に決定し、安定に配向変化を起こすことができる。

【0072】しかしながら、開口部15bのエッジ部EGを除く領域の上に位置する液晶層30には電界が発生しないので、配向を変化するトルクは発生しない。その結果、十分な時間が経過して液晶層30の配向変化が定常状態に達しても、図4（c）に示したように、開口部15bのエッジ部EGを除く領域の上に位置する液晶層30は、垂直配向状態のままである。勿論、エッジ部EG付近の液晶分子30aの配向変化の影響を受けて、一部の液晶分子30aは配向を変化するが、開口部15b上の液晶層30内の全ての液晶分子30aの配向を変化することはできない。開口部15bの端部からどれぐらいの位置にある液晶分子30aまで、その影響が及ぶかは、液晶層30の厚さや液晶材料の物性（誘電率異方性の大きさ、弾性率など）にも依存するが、開口部15bを介して互いに隣接する実際に導電層が存在する領域（「中実部」とも言う）間の距離が約4μmを越えると、開口部15bの中央付近の液晶分子30aは電界によって配向を変化することなく、垂直配向を維持する。従って、液晶表示装置300の液晶層30の内の開口部15b上に位置する領域は、表示に寄与しないので、表示品位の低下を招く。例えば、ノーマリブラックの表示モードにおいては、実効開口率が低下し、表示輝度が低下する。

【0073】このように、液晶表示装置300は、開口部15bを有する絵素電極15Bによって形成される斜め電界によって、液晶分子30aの配向が変化する方向を一義的に決定するので、従来の典型的な液晶表示装置200で起こる表示のざらつきを防止できるものの、輝度が暗くなる。本実施形態の液晶表示装置100は、開口部14aを有する上層導電層14と開口部14aと対向するように設けられた下層電極12とを有するので、開口部14a上に位置する液晶層30のほぼ全ての領域に電界を作用させ、表示に寄与させることができる。従って、本実施形態の液晶表示装置100は、高輝度で、

16

且つざらつきが無い高品位の表示を実現することができる。

【0074】本実施形態の液晶表示装置が有する2層構造電極（絵素電極）15の上層導電層14が有する開口部14aの形状（基板法線方向から見た形状）について説明する。開口部14aの形状は、多角形でもよいし、円形や楕円形でもよい。

【0075】液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。従って、開口部14aは、それぞれの絵素領域内の液晶分子が、すべての方位角に対して同等の確率で配向するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部14aの形状は、それぞれ絵素領域の中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性を有することが好ましい。2回回転軸以上の高い回転対称性の軸を有することがさらに好ましい。

【0076】開口部14aの形状が多角形の場合の液晶分子30aの配向状態を図6（a）～図6（c）を参照しながら説明する。図6（a）～（c）は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を模式的に示している。図6（b）および（c）など、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子30aの先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部14aを有する2層電極が設けられている基板側に近いように、液晶分子30aが傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。

【0077】ここでは、矩形（正方形と長方形を含む）の絵素領域に対応して、矩形の開口部14aを形成した構造を例に説明する。図6（a）中の1A-1A'線に沿った断面図は図1（a）に相当し、図6（b）中の1B-1B'線に沿った断面図は図1（b）に相当し、図6（c）中の1C-1C'線に沿った断面図は図1

（c）に相当する。図1（a）～図1（c）を合わせて参照しながら説明する。勿論、絵素領域（絵素電極15）の形状はこれに限られない。

【0078】下層導電層12と上層導電層14とを有する絵素電極15および対向電極22が同電位のとき、すなわち液晶層30に電圧が印加されていない状態においては、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって配向方向が規制されている液晶分子30aは、図6（a）に示したように、垂直配向状態を取る。

【0079】液晶層30に電界を印加し、図1（a）に示した等電位線EQで表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、軸方位が等

(10)

17

電位線EQに平行になるようなトルクが発生する。図5 (a) および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子30aの分子軸に対して垂直な等電位線EQで表される電場下の液晶分子30aは、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まっていなため(図5(a))、配向の変化(傾斜または回転)が容易に起こらないのに対し、液晶分子30aの分子軸に対して傾斜した等電位線EQ下に置かれた液晶分子30aは、傾斜(回転)方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図6に示した構造では、等電位線EQに対して液晶分子30aの分子軸が傾いている上層導電層14の矩形の開口部14aの4辺のエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、図5(c)を参照しながら説明したように、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶分子30aも傾斜し、図6(c)に示したように、液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0080】このように、上層導電層14の開口部14aが、スリット状(長さに対して幅(長さに直交する方向)が著しく狭い形状)ではなく、矩形形状であると、絵素領域内の液晶分子30aは、電圧印加時に、開口部14aの4辺のエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態が得られる。このように、絵素領域毎に液晶分子30aが放射状傾斜配向をとると、全ての視角方向(方位角方向も含む)に対して、それぞれの軸方位の液晶分子30aの存在確率がほぼ等しくなり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0081】さらに、開口部14aの形状を回転対称性(4回回転軸を有する)の高い正方形とすると、回転対称性の低い(2回回転軸を有する)長方形よりも、開口部14aの中心を対称軸とする液晶分子30aの放射状傾斜配向の対称性が高くなるので、視角方向に対して一層ざらつきのない良好な表示を実現できる。なお、開口部14aの形状として矩形を例示したが、開口部14aの内側の液晶分子30aが電圧印加時に安定した放射状傾斜配向をとるのであれば、他の多角形であってもよく、回転対称が高い正多角形がさらに好ましい。

【0082】なお、液晶分子30aの放射状傾斜配向は、図8(a)に示したような単純な放射状傾斜配向よりも、図8(b)および(c)に示したような、左回りまたは右回りの渦巻き状の放射状傾斜配向の方が安定である。なお、ここでいう渦巻き状配向は、液晶層面内(基板面内)における液晶分子の配向状態を表す。液晶材料に少量のカイラル剤を添加したときに見られる渦巻

18

き状配向は、通常のツイスト配向のように液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向方向が螺旋状にほとんど変化することがなく、液晶分子30aの配向方向を微小領域で見ると、液晶層30の厚さ方向に沿ってほとんど変化していない。すなわち、液晶層30の厚さ方向のどこの位置の断面(層面に平行な面内での断面)においても、図8(b)または(c)と同じ配向状態にあり、液晶層30の厚さ方向に沿ったツイスト変形をほとんど生じていない。但し、開口部14aの全体で見ると、ある程度のツイスト変形が発生している。

【0083】負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料を用いると、図7(a)および(b)にそれぞれ示すように、電圧印加時に、液晶分子30aは、開口部14aを中心に左回りまたは右回りの渦巻き状放射状傾斜配向をとる。右回りか左回りかは用いるカイラル剤の種類によって決まる。従って、電圧印加時に開口部14a内の液晶層30を渦巻き状放射状傾斜配向させることによって、放射状傾斜している液晶分子30aの、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向を全ての開口部14a内で一定にすることができるので、ざらつきの無い均一な表示が可能になる。さらに、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向が定まっているので、液晶層30に電圧を印加した際の応答速度も向上する。

【0084】更に、多くのカイラル剤を添加すると、渦巻き配向状態の液晶層においても、その微小領域に着目すると、通常のツイスト配向のように、液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化ようになる。

【0085】液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化しない配向状態では、偏光板の偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子30aは、入射光に対して位相差を与えないため、このような配向状態の領域を通過する入射光は透過率に寄与しない。例えば、偏光板がクロスニコル状態に配置された液晶表示装置の白表示状態の絵素領域を観察すると、放射状傾斜配向した液晶ドメインの中央部に十字の消光模様が明確に観察される。

【0086】これに対し、液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化する配向状態においては、偏光板の偏光軸に垂直方向または平行方向に配向している液晶分子30aも、入射光に対して位相差を与えるとともに、光の旋光性を利用することもできる。従って、このような配向状態の領域を通過する入射光も透過率に寄与するので、明るい表示が可能な液晶表示装置を得ることができる。例えば、偏光板がクロスニコル状態に配置された液晶表示装置の白表示状態の絵素領域を観察すると、放射状傾斜配向した液晶ドメインの中央部の十字の消光模様は不明確になり、全体に明るくな

(11)

19

る。旋光性による光の利用効率を効率良く向上するために、液晶層のツイスト角は、約90度であることが好ましい。

【0087】開口部14aの形状は、上述した多角形に限られず、円形や楕円形でも良い。

【0088】開口部14aの形状が円形の場合の液晶分子30aの配向状態を図9(a)～図9(c)を参照しながら説明する。図9(a)～図9(c)は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を模式的に示している。ここでは、矩形の絵素領域に対して、円形の開口部14aを形成した構造を例に説明する。図9(a)中の1A-1A'線に沿った断面図は図1(a)に相当し、図9(b)中の1B-1B'線に沿った断面図は図1(b)に相当し、図9(c)中の1C-1C'線に沿った断面図は図1(c)に相当する。図1(a)～図1(c)を合わせて参照しながら説明する。

【0089】下層導電層12と上層導電層14とを有する絵素電極15および対向電極22が同電位のとき、すなわち液晶層30に電圧が印加されていない状態においては、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側表面に設けられた垂直配向層(不図示)によって配向方向が規制されている液晶分子30aは、図9(a)に示したように、垂直配向状態を取る。

【0090】液晶層30に電界を印加し、図1(a)に示した等電位線EQで表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、軸方位が等電位線EQに平行になるようなトルクが発生する。図5(a)および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子30aの分子軸に対して垂直な等電位線EQで表される電場下の液晶分子30aは、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まっていなかったため(図5(a))、配向の変化(傾斜または回転)が容易に起こらないのに対し、液晶分子30aの分子軸に対して傾斜した等電位線EQ下に置かれた液晶分子30aは、傾斜(回転)方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図9に示した構造では、等電位線EQに対して液晶分子30aの分子軸が傾いている上層導電層14の円形の開口部14aの円周のエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、図5(c)を参照しながら説明したように、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶分子30aも傾斜し、図9(c)に示したような状態で液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0091】このように、上層導電層14の開口部14aが、円形状であると、絵素領域内の液晶分子30aは、電圧印加時に、開口部14aの円周のエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が

20

釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態(放射状傾斜配向)が得られる。開口部14aの形状が円形の場合には四角形の場合よりも、放射状傾斜配向の中心(基板面に垂直に配向した液晶分子30aの位置)が開口部14aの中心に安定に形成されるので、電圧印加時にあらゆる方向において、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0092】開口部14aの形状が円形の場合に得られる、放射状傾斜配向の中心位置が安定するという作用は、円の回転対称性が高いことともに、液晶分子30aが傾斜する方向を決める開口部14aのエッジが連続していること、にあると考えられる。開口部14aのエッジが連続していることによる、放射状傾斜配向安定化の作用は、開口部14aの形状を楕円(長円)としても得られる。

【0093】なお、液晶分子30aの放射状傾斜配向は、図8を参照しながら上述したように、渦巻き状配向性を付与することによって、より安定化する。従って、図10(a)および図10(b)にそれぞれ示すように、開口部14aを中心に左回りまたは右回り渦巻き状放射状傾斜配向とする方が好ましい。特に、開口部14aの面積が大きくなり、開口部14aの辺から中心までの距離が長くなると、開口部14a内に位置する液晶分子30aの配向が安定しにくくなるので、渦巻き状配向性を付与することが好ましい。例えば、液晶材料にカイラル剤を添加することによって、放射状配向に渦巻き配向を付与することができる。

【0094】〔複数の開口部を有する構成〕上記では、絵素領域毎に1つの開口部を有する構成を例に、開口部を有する2層構造電極の構成と作用とを説明したが、開口部を絵素領域毎に複数設けても良い。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を有する2層構造の絵素電極を用いる構成について説明する。

【0095】絵素領域毎に複数の開口部を設ける場合には、絵素領域内の液晶分子が全方位的に均一な配向をとるように、上述したように複数の開口部のそれぞれが回転対称性を有する形状を有することが好ましく、さらに、複数の開口部の配置が回転対称性を有することが好ましい。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を回転対称性を有するように配置した2層構造の絵素電極を有する液晶表示装置を例にその構成と動作を説明する。

【0096】図11に、複数の開口部14a(14a1および14a2を含む)を有する絵素電極15を備えた液晶表示装置400の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す。液晶表示装置400は、TFT基板400aと対向基板100b(図1に示した対向基板100bと実質的に同じ。)とを有している。

(12)

21

【0097】図11(a)は、電圧が印加されていない液晶層30内の液晶分子30aの配向状態(OFF状態)を模式的に示している。図11(b)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を模式的に示している。図11(c)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図11(a)、(b)および(c)は、絵素領域毎に1つの開口部14aを有する絵素電極15を備えた液晶表示装置100についての図1(a)、

(b)および(c)にそれぞれ対応する。なお、図11では、開口部14a1および14a2に誘電体層13を介して対向するように設けられた下層導電層12は、開口部14a1および14a2のそれぞれと重なり、且つ、開口部14a1および14a2との間の領域(上層導電層14が存在する領域)にも存在するように形成された例を示したが、下層導電層12の配置はこれに限られず、開口部14a1および14a2のそれぞれに対して、図11(a)~(c)に示した配置関係を有するように配置されればよい。また、誘電体層13を介して上層導電層14の導電層が存在する領域と対向する位置に形成された下層導電層12は、液晶層30に印加される電界に実質的に影響しないので、特にパターンングする必要はないが、パターンングしてもよい。

【0098】図11(a)に示したように、絵素電極15と対向電極22が同電位るとき(液晶層30に電圧が印加されていない状態)には、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0099】液晶層30に電圧を印加すると、図11(b)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。絵素電極15の上層導電層14と対向電極22との間に位置する液晶層30内には、上層導電層14および対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層14の開口部14a1および14a2の上に位置する液晶層30内には、下層導電層12と対向電極22との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層30内に形成される電位勾配が、誘電体層13による電圧降下の影響を受けるので、液晶層30内に形成される等電位線EQは、開口部14a1および14a2に対応する領域で落ち込む(等電位線EQに複数の「谷」が形成される)。誘電体層13を介して開口部14a1および14a2に対向する領域に下層導電層12が形成されているので、開口部14a1および14a2のそれぞれの中央付近上に位置する液晶層30内にも、上層導電層14および対向電極22の面に対して平行な等電位線EQで表される電位勾配が形成される(等電位線EQの「谷の底」)。開口部14a1および14a2のエッジ部(開口部の境界(外延)を含む開口部の内側周辺)EG上の

22

液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0100】負の誘電異方性を有する液晶分子30aには、液晶分子30aの軸方位を等電位線EQに対して平行に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図11(b)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜(回転)し、等電位線EQに平行に配向する。

【0101】図11(b)に示したように、本発明による液晶表示装置400の開口部14a1および14a2のエッジ部EGにおいて、液晶分子30aの軸方位に対して傾斜した等電位線EQで表される電界(斜め電界)が発生すると、図5(b)に示したように、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向(図示の例では反時計回り)に傾斜する。また、液晶分子30aの軸方位に対して垂直方向の等電位線EQで表される電界が発生する領域に位置する液晶分子30aは、図5(c)に示したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと配向が連続となるように(整合するように)、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと同じ方向に傾斜する。

【0102】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図11(c)に模式的に示したように、開口部14a1および14a2のそれぞれの中心SAに関して対称な傾斜配向(放射状傾斜配向)を形成する。また、隣接する2つの開口部14a1および14a2との間に位置する上層導電層14の領域上の液晶分子30aも、開口部14a1および14a2のエッジ部の液晶分子30aと配向が連続となるように(整合するように)、傾斜配向する。開口部14a1および14a2のエッジの中央に位置する部分上の液晶分子30aは、それぞれのエッジ部の液晶分子30aの影響を同程度に受けるので、開口部14a1および14a2の中央部に位置する液晶分子30aと同様に、垂直配向状態を維持する。その結果、隣接する2つの開口部14a1と14a2との間に上層導電層14上の液晶層も放射状傾斜配向状態となる。但し、開口部14a1および14a2内の液晶層の放射状傾斜配向と開口部14a1と14a2との間の液晶層の放射状傾斜方向とは、液晶分子の傾斜方向が異なる。図11(c)に示した、それぞれの放射状傾斜配向している領域の中央に位置する液晶分子30a付近の配向に注目すると、開口部14a1および14a2内では、対向電極に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜しているのに対し、開口部間では、上層導電層14に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜している。なお、いずれの放射状傾斜配向もエッジ部の液晶分子3

(13)

23

0 aの傾斜配向と整合するように形成されているので、2つの放射状傾斜配向は互いに連続している。

【0103】上述したように、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層14に設けた複数の開口部14a1および14a2それぞれのエッジ部EG上の液晶分子30aから傾斜し始め、その後周辺領域の液晶分子30aがエッジ部EG上の液晶分子30aの傾斜配向と整合するように傾斜することによって、放射状傾斜配向が形成される。したがって、1つの絵素領域内に形成する開口部14aの数が多ければ、電界に応答して最初に傾斜し始める液晶分子30aの数が多くなるので、絵素領域全体に亘って放射状傾斜配向が形成されるのに要する時間が短くなる。すなわち、絵素領域毎に絵素電極に形成する開口部14aの数を増やすことによって、液晶表示装置の応答速度を改善することができる。

【0104】このように、絵素領域毎に複数の開口部14a1および14a2を形成することによって、全方位的に視角特性に優れた表示品位を有する液晶表示装置が実現されるとともに、液晶表示装置の応答特性も改善される。

【0105】次に、図12および図13を参照しながら、複数の開口部14aのそれぞれの形状および相対配置と液晶分子30aの配向との関係を説明する。図12(a)および図13(a)中の11A-11A'線に沿った断面図は図11(a)に相当し、図12(b)および図13(b)中の11B-11B'線に沿った断面図は図11(b)に相当し、図12(c)および図13(c)中の11C-11C'線に沿った断面図は図11(c)に相当する。

【0106】図12および図13は、矩形の絵素電極15(絵素領域)を例示しているが、絵素電極15(上層導電層14)の外形の形状はこれに限られない。また、本発明による液晶表示装置は、1つの絵素領域について図12や図13に示した電極構成を1つだけ有するものに限らず、図12や図13に示した電極構成を1つの絵素領域内に複数有してもよい。また、絵素電極15(上層導電層14)の外周と開口部14aとの相対的な配置関係に特に制限はなく、複数の開口部14aの一部が上層導電層14の外周を規定する辺または角に重なって形成されてもよい。このことは、複数の開口部14aを有する絵素領域を示す他の実施形態の液晶表示装置に対しても同じである。なお、絵素領域全体に亘って、液晶分子の配向を安定化(および応答速度の向上)するためには好ましい、開口部14a間の相対配置については後述する。

【0107】まず、それぞれの開口部14aの形状は、先に説明したように、多角形や、円形または楕円形であってよい。液晶表示装置400の全ての方位角方向における視角特性を改善(表示のざらつきをなくす)ためには、開口部14aのそれぞれの形状は、高い回転対称性

24

を有することが好ましいので、図12に示した正方形などの正多角形や、図13に示した円形が好ましい。それぞれの開口部14aの形状と液晶分子30aの配向状態との関係については、先の説明の通りなので、ここでは説明を省略する。

【0108】また、複数の開口部14aを形成した構成においては、複数の開口部14aの相対的な配置が回転対称性を有することが好ましい。例えば、図12に示したように、正方形の上層導電層14(すなわち、絵素領域が正方形の場合)に、正方形の開口部14aを4個形成する場合、4個の開口部14aを正方形の上層導電層14の中心SAを軸に、回転対称性を有するように配置することが好ましい。図示したように、正方形の上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるよう配置することが好ましい。このように配置すると、図12(b)および(c)に示したように、液晶層30に電圧を印加したときにそれぞれの開口部14aを中心に形成される放射状傾斜配向を有する領域が、上層導電層14の中心SAを軸に4回回転対称性を有する。その結果、液晶表示装置400の視角特性は全方位角方向に亘ってさらに均一化される。

【0109】図12においては、1つの絵素領域に4つの開口部14aを形成した構成を例示したが、開口部14aの数はこれに限らない。1つの絵素領域に形成する開口部14aの数は、絵素領域の大きさや形状、1つの開口部14aによって安定に放射状傾斜配向が形成される領域の大きさ、および応答速度を考慮して適宜設定される。1つの絵素領域に多数の開口部14aを形成する場合、視角特性の均一性を向上するためには、絵素領域全体に亘って、開口部14aの配置が回転対称性を有するように配置することが好ましいが、絵素領域の形状によっては、絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置できない場合がある。できるだけ、広い面積に亘って回転対称性を有するように配置することが好ましい。例えば、絵素領域が長方形の場合には、長方形を複数の正方形に分割し、それぞれの正方形に対して回転対称性を有するように複数の開口部14aを形成することによって、十分均一な視角特性を有する液晶表示装置を得ることができる。

【0110】図12に示した正方形の開口部14aに代えて、円形の開口部14aを設けた構成を図13に示す。

【0111】図12を参照しながら上述したのと同様に、4つの開口部14aを上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるように配置することによって、液晶表示装置の視角特性をさらに改善することができる。また、開口部14aの形状が円形の方が、多角形よりも、それぞれの開口部14aのエッジ部に沿った液晶分子30aの配向の連続性が高いので、液晶分子30aの放射状傾斜配向がより安定する。さらに、複数の開口部14



(14)

25

aを設ける構成において、開口部14aの形状を円形とすると、隣接する開口部14aによって形成される放射状傾斜配向の間の連続性が高く、絵素領域内に形成される複数の放射状傾斜配向が安定しやすいという利点が得られる。

【0112】例えば、図14に示したように、4つの円形の開口部14aがそれぞれの中心が長方形の角に位置するように配置された構成においても、その長方形の対角線上に位置する液晶分子30aが連続的な傾斜配向を形成することができる。これに対し、図14中の4つの開口部14aを正方形にすると、開口部14aの中心を結んで形成される長方形の対角線は、開口部14aの正方形の対角線と一致しないことから理解できるように、4つの開口部14aによって囲まれる領域内の液晶分子30aの配向は連続になり難い。一方、この4つの開口部14aの形状を、4つの開口部14aの中心が形成する長方形と相似関係にある長方形とすれば、上記の問題は解決するが、それぞれの開口部14a内に形成される放射状傾斜配向の連続性が低下する。したがって、開口部14aの形状や配置は、絵素領域の形状や大きさを考慮して適宜設定することが好ましい。なお、図14は液晶層に電圧を印加した状態を示しており、図14中の11C-11C'線に沿った断面図は図11(c)に相当する。

【0113】絵素領域毎に複数の開口部を有する電極構成（すなわち、絵素電極または対向電極が開口部を有する2層構造電極）における開口部の配置の好ましい例を更に詳細に説明する。

【0114】図15(a)を参照しながら、実施形態1の他の液晶表示装置400Aの上層導電層14の他のパターンを説明する。図15(b)は、図15(a)中の15B-15B'線に沿った断面図であり、上層導電層14の中実部に参照符号14bを付し、単位中実部に参照符号14b'を付していること以外は、図11(a)と実質的に同じである。

【0115】液晶表示装置400Aが有する上層導電層14は、複数の開口部14aと中実部14bとを有している。開口部14aは、導電膜（例えばITO膜）から形成される上層導電層14の内の導電膜が除去された部分を指し、中実部14bは導電膜が存在する部分（開口部14a以外の部分）を指す。開口部14aは1つの絵素電極ごとに複数形成されているが、中実部14bは、基本的には連続した単一の導電膜から形成されている。

【0116】複数の開口部14aは、その中心が正方格子を形成するように配置されており、1つの単位格子を形成する4つの格子点上に中心が位置する4つの開口部14aによって実質的に囲まれる中実部（「単位中実部」と称する。）14b'は、略円形の形状を有している。それぞれの開口部14aは、4つの4分の1円弧状の辺（エッジ）を有し、且つ、その中心に4回回転軸を

26

有する略星形である。なお、絵素領域の全体に亘って配向を安定させるために、上層導電層14の端部まで単位格子を形成することが好ましい。従って、図示したように、上層導電層14の端部は、開口部14aの約2分の1（辺に対応する領域）および開口部14aの約4分の1（角に対応する領域）に相当する形状にパターンニングされていることが好ましい。なお、図15(a)中に実線で示した正方形（正方格子の集合）は、単一の導電層から形成された従来の絵素電極に対応する領域（外形）を示している。

【0117】絵素領域の中央部に位置する開口部14aは実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。開口部14aによって形成される単位格子内に位置する単位中実部14b'は略円形であり、実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。互いに隣接する単位中実部14b'は互いに接続されており、実質的に単一の導電膜として機能する中実部14bを構成している。

【0118】上述したような構成を有する上層導電層14と対向電極22との間に電圧を印加すると、開口部14aのエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する複数の液晶ドメインが形成される。液晶ドメインは、それぞれの開口部14aに対応する領域と、単位格子内の単位中実部14b'に対応する領域とに、それぞれ1つずつ形成される。

【0119】ここでは、正方形の上層導電層14を例示しているが、絵素電極の14の形状はこれに限られない。上層導電層14の一般的な形状は、矩形（正方形と長方形を含む）に近似されるので、開口部14aを正方格子状に規則正しく配列することができる。上層導電層14が矩形以外の形状を有していても、絵素領域内の全ての領域に液晶ドメインが形成されるように、規則正しく（例えば例示したように正方格子状に）開口部14aを配置すれば、本発明の効果をを得ることができる。

【0120】本実施形態の液晶表示装置400Aが有する上層導電層14が有する開口部14aの形状（基板法線方向から見た形状）およびその配置について説明する。

【0121】液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。従って、開口部14aは、それぞれの絵素領域内の液晶分子30aがすべての方位角に対して同等の確率で配向するように、液晶ドメインを形成するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部14aの形状は、それぞれの中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性（好ましくは2回回転軸以上の対称性）を有することが好ましく、また、複数の



(15)

27

開口部14aが回転対称性を有するように配置されることが好ましい。また、これらの開口部によって実質的に包囲される単位中実部14b'の形状も回転対称性を有することが好ましく、単位中実部14b'も回転対称性を有するように配置されることが好ましい。

【0122】但し、開口部14aや単位中実部14b'が絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置される必要は必ずしも無く、図15(a)に示したように、例えば正方格子(4回回転軸を有する対称性)を最小単位とし、それらの組合せによって絵素領域が構成されれば、絵素領域全体に亘って液晶分子をすべての方位角に対して実質的に同等の確率で配向させることができる。

【0123】図15(a)に示した、回転対称性を有する略星形の開口部14aおよび略円形の単位中実部14b'が正方格子状に配列された場合の液晶分子30aの配向状態を図16(a)～図16(c)を参照しながら説明する。

【0124】図16(a)～(c)は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を模式的に示している。図16(b)および(c)など、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子30aの先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部14aを有する上層導電層14が設けられている基板側に近いように、液晶分子30aが傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。ここでは、図15(a)に示した絵素領域の内の1つの単位格子(4つの開口部14aによって形成される)について説明する。図16(a)～図16(c)中の対角線に沿った断面図は、図11(a)～図11(c)にそれぞれ対応し、これらの図を合わせて参照しながら説明する。

【0125】上層導電層14および対向電極22が同電位するとき、すなわち液晶層30に電圧が印加されていない状態においては、TFT基板400aおよび対向基板100bの液晶層30側表面に設けられた垂直配向層(不図示)によって配向方向が規制されている液晶分子30aは、図16(a)に示したように、垂直配向状態を取る。

【0126】液晶層30に電界を印加すると、図16(b)に示したように、開口部14aのエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶分子30aも傾斜し、図16(c)に示したような状態で液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0127】このように、開口部14aが回転対称性を有する形状であると、絵素領域内の液晶分子30aは、電圧印加時に、開口部14aのエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エ

28

ッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態が得られる。

【0128】また、正方格子状に配列された4つの略星形の開口部14aに包囲された略円形の単位中実部14b'に対応する領域の液晶分子30aも、開口部14aのエッジ部に生成される斜め電界で傾斜した液晶分子30aの配向と整合するように傾斜する。エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う単位中実部14b'の中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが単位中実部14b'の中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態が得られる。

【0129】このように、絵素領域全体に亘って、液晶分子30aが放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが正方格子状に配列されると、それぞれの軸方位の液晶分子30aの存在確率が回転対称性を有することになり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。放射状傾斜配向を有する液晶ドメインの視角依存性を低減するためには、液晶ドメインが高い回転対称性(2回回転軸以上が好ましく、4回回転軸以上がさらに好ましい。)を有することが好ましい。また、絵素領域全体の視角依存性を低減するためには、絵素領域に形成される複数の液晶ドメインが、高い回転対称性(2回回転軸以上が好ましく、4回回転軸以上がさらに好ましい。)を有する単位(例えば単位格子)の組合せで表される配列(例えば正方格子)を構成することが好ましい。

【0130】図15(a)では、開口部14aが略星形を有し、単位中実部14b'が略円形を有し、これらが正方格子状に配列された例を示したが、開口部14aおよび単位中実部14b'の形状ならびにこれらの配置は、上記の例に限られない。

【0131】図17(a)および(b)に、異なる形状の開口部14aおよび単位中実部14b'を有する上層導電層14Aおよび14Bの上面図をそれぞれ示す。

【0132】図17(a)および(b)にそれぞれ示した上層導電層14Aおよび14Bの開口部14aおよび単位中実部14b'は、図15(a)に示した絵素電極の開口部14aおよび単位中実部14b'が若干ひずんだ形を有している。上層導電層14Aおよび14Bの開口部14aおよび単位中実部14b'は、2回回転軸を有し(4回回転軸は有しない)、長方形の単位格子を形成するように規則的に配列されている。開口部14aは、いずれも歪んだ星形を有し、単位中実部14b'は、いずれも略楕円形(歪んだ円形)を有している。上

(16)

29

層導電層14Aおよび14Bを用いても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

【0133】さらに、図18(a)および(b)にそれぞれ示すような上層導電層14Cおよび14Dを用いることもできる。

【0134】上層導電層14Cおよび14Dは、単位中実部14b'が略正方形となるように、略十字の開口部14aが正方格子状に配置されている。勿論、これらを歪ませて、長方形の単位格子を形成するように配置してもよい。このように、略矩形(矩形は正方形と長方形を含むとする。)の単位中実部14b'を規則正しく配列しても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

【0135】但し、開口部14aおよび/または単位中実部14b'の形状は、矩形よりも円形または楕円形の方が放射状傾斜配向を安定化できるので好ましい。これは、開口部14aの辺が連続的に(滑らかに)変化するので、液晶分子30aの配向方向も連続的に(滑らかに)変化するためと考えられる。

【0136】上述した液晶分子30aの配向方向の連続性の観点から、図19(a)および(b)に示す上層導電層14Eおよび14Fも考えられる。図19(a)に示した上層導電層14Eは、図15(a)に示した上層導電層14の変形例で、4つの円弧だけからなる開口部14aを有している。また、図19(b)に示した上層導電層14Fは、図18(b)に示した上層導電層14Dの変形例で、周囲の開口部14aによって規定される単位中実部14b'が4分の1円弧の組合せから形成されている。上層導電層14Eおよび14Fが有する開口部14aならびに単位中実部14b'は、いずれも4回回転軸を有しており、且つ、正方格子状(4回回転軸を有する)に配列されているが、図17(a)および(b)に示したように、開口部14aの単位中実部14b'の形状を歪ませて2回回転軸を有する形状とし、長方形の格子(2回回転軸を有する)を形成するように配置してもよい。

【0137】上述の例では、略星形や略十字形の開口部14aを形成し、単位中実部14b'の形状を略円形、略楕円形、略正方形(矩形)および角の取れた略矩形とした構成を説明した。これに対して、開口部14aと単位中実部14b'との関係をネガーポジ反転させてもよい。例えば、図15(a)に示した上層導電層14の開口部14aと単位中実部14b'とをネガーポジ反転したパターンを有する上層導電層14Gを図20に示す。このように、ネガーポジ反転したパターンを有する上層導電層14Gも図15(a)に示した上層導電層14と実質的に同様の機能を有する。なお、図21(a)および(b)にそれぞれ示す上層導電層14Hおよび14Iのように、開口部14aおよび単位中実部14b'がと

30

もに略正方形の場合には、ネガーポジ反転しても、もとのパターンと同じパターンとなるものもある。

【0138】図20に示したパターンのように、図15(a)に示したパターンをネガーポジ反転させた場合にも、上層導電層14のエッジ部に、回転対称性を有する単位中実部14b'が形成されるように、開口部14aの一部(約2分の1または約4分の1)を形成することが好ましい。このようなパターンとすることによって、絵素領域のエッジ部においても、絵素領域の中央部と同様に、斜め電界による効果が得られ、絵素領域の全体に亘って安定した放射状傾斜配向を実現することができる。

【0139】次に、図15(a)の上層導電層14と、上層導電層14の開口部14aと単位中実部14b'のパターンをネガーポジ反転させたパターンを有する図20に示した上層導電層14Gを例に、ネガーポジパターンのいずれを採用すべきかを説明する。

【0140】ネガーポジいずれのパターンを採用しても、開口部14aの辺の長さはどちらのパターンも同じである。従って、斜め電界を生成するという機能においては、これらのパターンによる差はない。しかしながら、単位中実部14b'の面積比率(上層導電層14の全面積に対する比率)は、両者の間で異なり得る。すなわち、液晶層の液晶分子に採用する電界を生成する中実部14b(実際に導電膜が存在する部分)の面積が異なり得る。

【0141】開口部14aに形成される液晶ドメインに印加される電圧は、中実部14bに形成される液晶ドメインに印加される電圧はよりも低くなるので、例えば、ノーマリブラックモードの表示を行うと、開口部14aに形成された液晶ドメインは暗くなる。すなわち、開口部14aの面積比率が高くなると表示輝度が低下する傾向になる。従って、中実部14bの面積比率が高い方が好ましい。なお、ここでは、簡単のために下層導電層の作用を無視して説明するが、本発明による液晶表示装置が有する2層構造電極は、上層導電層14の開口部14aに対応する領域に下層導電層(例えば図1の下層導電層12)を有している。従って、開口部14aに対応する領域の液晶層30にも下層導電層からの電界が作用するので、開口部14aの面積比率が高くなることに伴って表示輝度が低下する程度は、図4(a)~(c)を参照しながら説明した従来の液晶表示装置300より少ない。

【0142】図15(a)のパターンと図20のパターンとのいずれにおいて中実部14bの面積比率が高くなるかは、単位格子のピッチ(大きさ)に依存する。

【0143】図22(a)は、図15(a)に示したパターンの単位格子を示し、図22(b)は、図20に示したパターンの単位格子(但し、開口部14aを中心とする。)を示している。なお、図22(b)において

(17)

31

は、図20における単位中実部14b'を相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方に延びる枝部）を省略している。正方単位格子の一边の長さ（ピッチ）をpとし、開口部14aまたは単位中実部14b'と単位格子との間隙の長さ（片側のスペース）をsとする。

【0144】ピッチpおよび片側スペースsの値が異なる種々の上層導電層14を形成し、放射状傾斜配向の安定性などを検討した。その結果、まず、図22(a)に示したパターン（以下、「ポジ型パターン」と称する。）を有する上層導電層14を用いて、放射状傾斜配\*

〔表1〕

ピッチp (μm)	中実部面積比率 (%)	
	ポジ型 (a)	ネガ型 (b)
20	41.3	52.9
25	47.8	47.2
30	52.4	43.3
35	55.8	40.4
40	58.4	38.2
45	60.5	36.4
50	62.2	35.0

表1および図22(c)から分かるように、ピッチpが約25μm以上のときにはポジ型（図22(a)）パターンの方が中実部14bの面積比率が高くなり、約25μmよりも短くなるとネガ型（図22(b)）の方が中実部14bの面積比率が大きくなる。従って、表示輝度および配向の安定性の観点から、ピッチpが約25μmを境にして、採用すべきパターンが変わる。例えば、幅75μmの上層導電層14の幅方向に、3個以下の単位格子を設ける場合には、図22(a)に示したポジ型パターンが好ましく、4個以上の単位格子を設ける場合には、図22(b)に示したネガ型パターンが好ましい。例示したパターン以外の場合においても、中実部14bの面積比率が大きくなるように、ポジ型またはネガ型の何れかを選択すればよい。

【0145】単位格子の数は、以下のようにして求められる。上層導電層14の幅（横または縦）に対して、1つまたは2以上の整数個の単位格子が配置されるように、単位格子のサイズを計算し、それぞれの単位格子サイズについて中実部面積比率を計算し、中実部面積比率が最大となる単位格子サイズを選ぶ。但し、ポジ型パターンの場合には単位中実部14b'の直径が15μm未満、ネガ型パターンの場合には開口部14aの直径が15μm未満になると、斜め電界による配向規制力が低下し、安定した放射状傾斜配向が得られ難くなる。なお、これら直径の下限値は、液晶層30の厚さが約3μmの場合であり、液晶層30の厚さがこれよりも薄いと、単位中実部14b'および開口部14aの直径は、上記の下限値よりもさらに小さくとも安定な放射状傾斜配向が得られ、液晶層30の厚さがこれよりも厚い場合に安定

32

\*向を得るために必要な斜め電界を生成するためには、片側スペースsが約2.75μm以上必要であることを見出した。一方、図22(b)に示したパターン（以下、「ネガ型パターン」と称する。）を有する上層導電層14について、放射状傾斜配向を得るための斜め電界を生成するために、片側スペースsが約2.25μm以上必要であることを見出した。片側スペースsをそれぞれこの下限値として、ピッチpの値を変化させたときの中実部14bの面積比率を検討した。結果を表1および図22(c)に示す。

な放射状傾斜配向を得るために必要な、単位中実部14b'および開口部14aの直径の下限値は、上記の下限値よりも大きくなる。また、本発明の液晶表示装置においては、下層導電層による電界が作用するので、開口部14aの直径を上述の結果より若干大きくしても、表示品位の低下が抑制される。

【0146】上述した本実施形態1の液晶表示装置の構成は、絵素電極15が開口部を有する2層構造電極であること以外は、公知の垂直配向型液晶表示装置と同じ構成を採用することができ、公知の製造方法で製造することができる。ここでは、2層構造の絵素電極の形成方法を説明し、他は省略する。ここで再び、例えば図1(a)を参照する。

【0147】下層導電層12となる透明導電層（典型的にはITO層）の堆積工程までは、公知の製造方法で実施できる。この導電層は、従来の液晶表示装置のプロセスにおいては、所定の形状にパターニングされ、絵素電極とされる。従来の液晶表示装置の製造プロセスにおける絵素電極のパターニング工程において、本実施形態の液晶表示装置の下層導電層12をパターニングすることができる。下層導電層のパターンは、絵素電極と同じでも良いし、上層導電層14に形成される開口部14aに対応するように分割したパターンとしてもよい。下層導電層12は、従来の絵素電極と同様にTFTのドレイン電極等（ドレインと実質的に同電位の電極）に電気的に接続される。

【0148】下層導電層12をパターニングした基板100aの表面のほぼ全面に亘って誘電体層13を形成する。誘電体層13は例えば、透明な感光性樹脂を用いて

(18)

33

形成することができる。誘電体層13上に再び導電層を堆積する。得られた導電層をパターニングすることによって、開口部14aを有する上層導電層14を形成する。

【0149】なお、上層導電層14をTFTのドレイン電極に接続するためのコンタクトホールを誘電体層13に予め形成しておく。この工程も公知のプロセスで実行することができる。上層導電層14と下層導電層12とを同電位で駆動させる構成を採用すると、例示したように、上層導電層14と下層導電層12とを同じTFTに接続すればよい。また、この構成を採用すると、従来の駆動回路をそのまま用いることができるという利点もある。

【0150】なお、典型的には、負の誘電異方性を有する液晶分子を垂直配向させるために、絵素電極15および対向電極22の液晶層30側表面には垂直配向層（不図示）が形成されている。垂直配向層は、開口部14aを有する上層導電層14が形成された後に、基板100aの表示領域に印刷によって形成される。

【0151】液晶材料としては、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料が用いられる。また、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料に2色性色素を添加することによって、ゲストーホストモードの液晶表示装置を得ることもできる。ゲストーホストモードの液晶表示装置は、偏光板を必要としない。

【0152】（実施形態2）図23（a）および（b）を参照しながら、本発明による実施形態2の液晶表示装置400Bの1つの絵素領域の構造を説明する。また、以下の図面においては、図11に示した液晶表示装置400の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。図23

（a）は基板法線方向から見た上面図であり、図23

（b）は図23（a）中の23B-23B'線に沿った断面図に相当する。図23（b）は、液晶層に電圧を印加していない状態を模式的に示している。

【0153】図23（a）および（b）に示したように、液晶表示装置400Bは、TFT基板400bが、上層導電層14の開口部14aの内側に凸部40を有する点において、図15（a）および（b）に示した実施形態1の液晶表示装置400Aと異なっている。凸部40の表面には、垂直配向膜（不図示）が設けられている。以下、開口部14aの内側に凸部40を有するTFT基板を凸部40の構造に関係なく参照符号400bで示すことにする。

【0154】なお、ここでは、図11に示した液晶表示装置400の上層導電層14の開口部14aに凸部40を設けた液晶表示装置400Bを例示するが、実施形態1の他の液晶表示装置に適用できる。

【0155】凸部40の基板11の面内方向の断面形状は、図23（a）に示したように、開口部14aの形状

34

と同じであり、ここでは略星形である。但し、隣接する凸部40は互いに繋がっており、単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されている。この凸部40の基板11に垂直な面内方向の断面形状は、図23（b）に示したように台形である。すなわち、基板面に平行な頂面40tと基板面に対してテーパ角 $\theta$ （ $<90^\circ$ ）で傾斜した側面40sとを有している。凸部40を覆うように垂直配向膜（不図示）が形成されているので、凸部40の側面40sは、液晶層30の液晶分子30aに対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有することになり、放射状傾斜配向を安定化させるように作用する。

【0156】この凸部40の作用を図24（a）～（d）、および図25（a）および（b）を参照しながら説明する。

【0157】まず、図24（a）～（d）を参照しながら、液晶分子30aの配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明する。

【0158】図24（a）に示したように、水平な表面上の液晶分子30aは、垂直配向性を有する表面（典型的には、垂直配向膜の表面）の配向規制力によって、表面に対して垂直に配向する。このように垂直配向状態にある液晶分子30aに液晶分子30aの軸方位に対して垂直な等電位線EQで表される電界が印加されると、液晶分子30aには時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層30内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子30aと、反時計回りに方向のトルクを受ける液晶分子30aとが混在する。その結果、液晶層30に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

【0159】図24（b）に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子30aに対して、水平な等電位線EQで表される電界が印加されると、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では時計回り）に傾斜する。また、水平な表面に対して垂直に配向している液晶分子30aは、図24（c）に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子30aと配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した表面上に位置する液晶分子30aと同じ方向（時計回り）に傾斜する。

【0160】図24（d）に示したように、断面が台形の連続した凹凸状の表面に対しては、それぞれの傾斜した表面上の液晶分子30aによって規制される配向方向と整合するように、頂面および底面上の液晶分子30aが配向する。

【0161】本実施形態の液晶表示装置は、このような表面の形状（凸部）による配向規制力の方向と、斜め電

(19)

35

界による配向規制方向とを一致させることによって、放射状傾斜配向を安定化させる。

【0162】図25(a)および(b)は、それぞれ図23(b)に示した液晶層30に電圧を印加した状態を示しており、図25(a)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を模式的に示しており、図25

(b)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図25(a)および(b)中の曲線EQは等電位線EQを示す。

【0163】上層導電層14および下層導電層12と対向電極22とが同電位のとき(液晶層30に電圧が印加されていない状態)には、図23(b)に示したように、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。このとき、凸部40の側面40sの垂直配向膜(不図示)に接する液晶分子30aは、側面40sに対して垂直に配向し、側面40sの近傍の液晶分子30aは、周辺の液晶分子30aとの相互作用(弾性連続体としての性質)によつて、図示したように、傾斜した配向をとる。

【0164】液晶層30に電圧を印加すると、図25(a)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。この等電位線EQは、上層導電層14の中実部14bと対向電極22との間に位置する液晶層30内では、中実部14bおよび対向電極22の表面に対して平行であり、上層導電層14の開口部14aに対応する領域で落ち込み、開口部14aのエッジ部(開口部14aの境界(外延)を含む開口部14aの内側周辺)EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。また、上層導電層14の開口部14aに対応する領域内で、上層導電層14の電位の影響を受けない領域の液晶層30には、下層導電層12および対向電極22の表面に平行な等電位線EQで表される電界が生成される。

【0165】この斜め電界によって、上述したように、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図25(a)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜(回転)し、等電位線EQに平行に配向する。この斜め電界による配向規制方向は、それぞれのエッジ部EGに位置する側面40sによる配向規制方向と同じである。

【0166】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図25(b)に模式的に示した配向状態となる。開口部14aの中央付近、すなわち、凸部40の頂面40tの中央付近に位置する液晶分子30aは、開口部14aの互いに対向する両側のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響をほぼ同等に受

36

けるので、等電位線EQに対して垂直な配向状態を保ち、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中央から離れた領域の液晶分子30aは、それぞれ近い方のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。また、開口部14aおよび凸部40によって実質的に包囲された単位中実部14b'に対応する領域においても、単位中実部14b'の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。

【0167】このように、実施形態2の液晶表示装置400Bにおいても、実施形態1の液晶表示装置400Aと同様に、放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが開口部14aおよび単位中実部14b'に対応して形成される(図16(c)参照)。凸部40は単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されているので、液晶ドメインは凸部40で包囲された略円形の領域に対応して形成される。さらに、開口部14aの内側に設けられた凸部40の側面は、開口部14aのエッジ部EG付近の液晶分子30aを、斜め電界による配向方向と同じ方向に傾斜させるように作用するので、放射状傾斜配向を安定化させる。

【0168】斜め電界に配向規制力は、当然のことながら、電圧印加時にしか作用せず、その強さは電界の強さ(印加電圧の大きさ)に依存する。したがって、電界強度が弱い(すなわち、印加電圧が低い)と、斜め電界による配向規制力は弱く、液晶パネルに外力が加わると、液晶材料の流動によって放射状傾斜配向が崩れることがある。一旦、放射状傾斜配向が崩れると、十分に強い配向規制力を発揮する斜め電界を生成するだけの電圧が印加されないと、放射状傾斜配向は復元されない。これに対し、凸部40の側面40sによる配向規制力は、印加電圧に関係なく作用し、配向膜のアンカリング効果として知られているように、非常に強い。従って、液晶材料の流動が生じて、一旦放射状傾斜配向が崩れても、凸部40の側面40sの近傍の液晶分子30aは放射状傾斜配向のときと同じ配向方向を維持している。従って、液晶材料の流動が止まりさえすれば、放射状傾斜配向が容易に復元される。

【0169】この様に、実施形態2の液晶表示装置400Bは、実施形態1の液晶表示装置400Aが有する特徴に加え、外力に対して強いという特徴を有している。従って、液晶表示装置400Bは、外力が印加されやすい、携帯して使用される機会の多いPCやPDAに好適に用いられる。

【0170】なお、凸部40は透明性の高い誘電体を用いて形成すると、開口部14aに対応して形成される液晶ドメインの表示への寄与率が向上するという利点が得られる。一方、凸部40を不透明な誘電体を用いて形成すると、凸部40の側面340sによって傾斜配向している液晶分子30aのリタデーションに起因する光漏

(20)

37

れを防止できるという利点が得られる。いずれを採用するかは、液晶表示装置の用途などの応じて決めればよい。いずれの場合にも、感光性樹脂を用いると、開口部14aに対応してパターニングする工程を簡略化できる利点がある。十分な配向規制力を得るためには、凸部40の高さは、液晶層30の厚さが約 $3\mu\text{m}$ の場合、約 $0.5\mu\text{m}$ ～約 $2\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましい。一般に、凸部40の高さは、液晶層30の厚さの約 $1/6$ ～約 $2/3$ の範囲内にあることが好ましい。

【0171】上述したように、液晶表示装置400Bは、上層導電層14の開口部14aの内側に凸部40を有し、凸部40の側面40sは、液晶層30の液晶分子30aに対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する。側面40sが斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するための好ましい条件を図26(a)～(c)を参照しながら説明する。

【0172】図26(a)～(c)は、それぞれ液晶表示装置400C、400Dおよび400Eの断面図を模式的に示し、図25(a)に相当する。液晶表示装置400C、400Dおよび400Eは、いずれも開口部14aの少なくとも内側に凸部を有するが、1つの構造体としての凸部40全体と開口部14aとの配置関係が液晶表示装置400Bと異なっている。

【0173】上述した液晶表示装置400Bにおいては、図25(a)に示したように、構造体としての凸部40の全体が開口部14aの内側に形成されており、且つ、凸部40の底面は開口部14aよりも小さい。図26(a)に示した液晶表示装置400Cにおいては、凸部40Aの底面は開口部14aと一致しており、図26(b)に示した液晶表示装置400Dにおいては、凸部40Bは開口部14aよりも大きい底面を有し、開口部14aの周辺の中実部(導電膜)14bを覆うように形成されている。これらの凸部40、40Aおよび40Bのいずれの側面40s上にも中実部14bが形成されていない。その結果、それぞれの図に示したように、等電位線EQは、中実部14b上ではほぼ平坦で、そのまま開口部14aで落ち込む。従って、液晶表示装置400Cおよび400Dの凸部40Aおよび40Bの側面40sは、上述した液晶表示装置400Bの凸部40と同様に、斜め電界による配向規制力と同じ方向の配向規制力を発揮し、放射状傾斜配向を安定化する。

【0174】これに対し、図26(c)に示した液晶表示装置400Eの凸部40Cの底面は開口部14aよりも大きく、開口部14aの周辺の中実部14bは凸部40Cの側面40s上に形成されている。この側面40s上に形成された中実部14bの影響で、等電位線EQに山が形成される。等電位線EQの山は、開口部14aで落ち込む等電位線EQと反対の傾きを有しており、これは、液晶分子30aを放射状傾斜配向させる斜め電界と

38

は逆向きの斜め電界を生成していることを示している。従って、側面40sが斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するためには、側面40s上に中実部(導電膜)14bが形成されていないことが好ましい。

【0175】次に、図27を参照しながら、図23(a)に示した凸部40の27A-27A'線に沿った断面構造を説明する。

【0176】上述したように、図23(a)に示した凸部40は、単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されているので、隣接する単位中実部14b'を相互に接続する役割を果たしている部分(円形部から四方に延びる枝部)は、図27に示したように、凸部40上に形成される。従って、上層導電層14の中実部14bを形成する導電膜を堆積する工程において、凸部40上で断線が生じたり、あるいは、製造プロセスの後工程で剥離が生じる危険性が高い。

【0177】そこで、図28(a)および(b)に示す液晶表示装置400Fのように、開口部14a内に、それぞれ独立した凸部40Dが完全に含まれるように形成すると、中実部14bを形成する導電膜は、基板11の平坦な表面に形成されるので断線や剥離が起こる危険性が無くなる。なお、凸部40Dは、単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するようには形成されていないが、単位中実部14b'に対応した略円形の液晶ドメインが形成され、先の例と同様に、その放射状傾斜配向は安定化される。

【0178】開口部14a内に凸部40を形成することによって、放射状傾斜配向を安定化させる効果は、例示したパターンの開口部14aに限られず、実施形態1で説明した全てのパターンの開口部14aに対して同様に適用でき、同様の効果を得ることができる。なお、凸部40による外力に対する配向安定化効果を十分に発揮させるためには、凸部40のパターン(基板法線方向から見たときにパターン)は、できるだけ広い領域の液晶層30を包囲する形状であることが好ましい。従って、例えば、円形の開口部14aを有するネガ型パターンよりも、円形の単位中実部14b'を有するポジ型パターンの方が、凸部40による配向安定化効果が大きい。

【0179】(実施形態3) 上記の実施形態1の液晶表示装置では、液晶層30を介して互いに対向し、絵素領域を規定する絵素電極15と対向電極22との内の一方の電極(絵素電極15の場合を例示した)を2層構造電極とし、上層導電層14に開口部14aを設けることによって、電圧印加時に斜め電界を生成させ、この斜め電界を用いて液晶分子を放射状傾斜配向させた。実施形態2の液晶表示装置は、上層導電層14の開口部14a内に凸部を設けることによって、放射状傾斜配向を安定化させた。

【0180】本実施形態3では、2層構造電極が形成さ



(21)

39

れた基板（上記の例ではTFT基板）とは異なる基板（上記の例では対向基板）にさらなる配向規制構造を備える液晶表示装置を説明する。以下の説明では、上述した斜め電界によって放射状傾斜配向を実現する電極構造を第1配向規制構造と呼び、液晶層に対して第1配向規制構造とは異なる側に設けられたさらなる配向規制構造を第2配向規制構造と呼ぶことにする。

【0181】次に、第2配向規制構造の具体的な構造と作用を説明する。これまでの説明に沿って、第1配向規制構造がTFT基板に設けられ、第2配向規制構造が対向基板に設けられている場合について説明する。

【0182】図29（a）～（e）に、第2配向規制構造28を有する対向基板200bを模式的に示す。上述の液晶表示装置と実質的に同じ構成要素には共通の参照符号を付して、その説明をここでは省略する。

【0183】図29（a）～（e）に示した第2配向規制構造28は、液晶層30の液晶分子30aを放射状傾斜配向させるように作用する。但し、図29（a）～（d）に示した配向規制構造28と図29（e）に示した配向規制構造28とは、液晶分子30aを傾斜させる方向が異なっている。

【0184】図29（a）～（d）に示した第2配向規制構造28による液晶分子の傾斜方向は、第1配向規制構造によって上層導電層14の単位中実部14b'（例えば図11（c）参照）に対応する領域に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の配向方向と整合する。これに対し、図29（e）に示した第2配向規制構造28による液晶分子の傾斜方向は、第1配向規制構造によって上層導電層14の開口部14a（例えば図11（c）参照）に対応する領域に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の配向方向と整合する。

【0185】図29（a）に示した第2配向規制構造28は、上層導電層14（例えば図15（a）の単位中実部14b'）に対向する位置に設けられた、対向電極22の開口部22aによって構成されている。なお、対向基板200bの液晶層30側の表面には垂直配向膜（不図示）が設けられている。

【0186】この第2配向規制構造28は、上述の第1配向規制構造と同様に、電圧印加時にのみ配向規制力を発現する。第2配向規制構造28は、第1配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向をとる液晶ドメイン内の液晶分子に対して配向規制力を作用すればよいので、開口部22aの大きさは、上層導電層14に設けられる開口部14aよりも小さく、また、開口部14aによって包囲される単位中実部14b'（例えば図15

（a）参照）よりも小さい。例えば、開口部14aや単位中実部14b'の面積の半分以下で十分な効果を得ることができる。対向電極22の開口部22aを上層導電層14の単位中実部14b'の中央部に対向する位置に設けることによって、液晶分子の配向の連続性が高くな

40

り、且つ、放射状傾斜配向の中心軸の位置を固定することができる。

【0187】このように、第2配向規制構造として、電圧印加時にのみ配向規制力を発現する構造を採用すると、電圧無印加状態において液晶層30のほとんど全ての液晶分子30aが垂直配向状態をとるので、ノーマリブラックモードを採用した場合に、黒表示状態において光漏れがほとんど発生せず、良好なコントラスト比の表示を実現できる。

【0188】但し、電圧無印加状態に配向規制力が発生しないので放射状傾斜配向が形成されず、また、印加電圧が低いときには配向規制力が小さいので、あまり大きな応力が液晶パネルに印加されると、残像が視認されることがある。

【0189】図29（b）～（d）に示した第2配向規制構造28は、電圧の印加無印加に関わらず、配向規制力を発現するので、全ての表示階調において安定した放射状傾斜配向が得られ、応力に対する耐性にも優れている。

【0190】まず、図29（b）に示した第2配向規制構造28は、対向電極22上に液晶層30側に突き出た凸部22bを有する。凸部22bを形成する材料に特に制限はないが、樹脂などの誘電体材料を用いて容易に形成することができる。なお、対向基板200bの液晶層30側の表面には垂直配向膜（不図示）が設けられている。凸部22bは、その表面（垂直配向性を有する）の形状効果によって、液晶分子30aを放射状に傾斜配向させる。また、熱によって変形する樹脂材料を用いると、パターニングの後の熱処理によって、図29（b）に示したような、なだらかな丘上の断面形状を有する凸部22bを容易に形成できるので好ましい。図示したように、頂点を有するなだらかな断面形状（例えば球の一部）を有する凸部22bや円錐状の形状を有する凸部は、放射状傾斜配向の中心位置を固定する効果に優れている。

【0191】図29（c）に示した第2配向規制構造28は、対向電極22の下（基板21側）に形成された誘電体層23に設けられた開口部（凹部でもよい）23a内の液晶層30側の水平配向性表面によって構成されている。ここでは、対向基板200bの液晶層30側に形成される垂直配向膜24を、開口部23a内にだけ形成しないことで、開口部23a内の表面を水平配向性表面としている。これに代えて、図29（d）に示したように、開口部23a内にだけ、水平配向膜25を形成してもよい。

【0192】図29（d）に示した水平配向膜は、例えば、一旦対向基板200bの全面に垂直配向膜24を形成し、開口部23a内に存在する垂直配向膜24に選択的に紫外線を照射するなどして、垂直配向性を低下させることによって形成してもよい。第2配向規制構造28を



(22)

41

構成するために必要な水平配向性は、TN型液晶表示装置に用いられている配向膜のようにプレチルト角が小さい必要はなく、例えば、プレチルト角が $45^{\circ}$ 以下であればよい。

【0193】図29(c)および(d)に示したように、開口部23a内の水平配向性表面上では、液晶分子30aが基板面に対して水平に配向しようとするので、周囲の垂直配向膜24上の垂直配向している液晶分子30aの配向と連続性を保つような配向が形成され、図示したような放射状傾斜配向が得られる。

【0194】対向電極22の表面に凹部(誘電体層23の開口部によって形成される)を設けずに、対向電極22の平坦な表面上に、水平配向性表面(電極の表面または水平配向膜など)を選択的に設けるだけでも放射状傾斜配向が得られるが、凹部の形状効果によって、放射状傾斜配向をさらに安定化することができる。

【0195】対向基板200bの液晶層30側の表面に凹部を形成するために、例えば、誘電体層23として、カラーフィルタ層やカラーフィルタ層のオーバーコート層を用いると、プロセスが増加することが無いので好ましい。また、図29(c)および(d)に示した構造は、図29(a)に示した構造のように、凸部22bを介して液晶層30に電圧が印加される領域が存在しないので、光の利用効率の低下が少ない。

【0196】図29(e)に示した第2配向規制構造28は、図29(d)に示した第2配向規制構造28と同様に、誘電体層23の開口部23aを用いて、対向基板200bの液晶層30側に凹部を形成し、その凹部の底部にのみ、水平配向膜26を形成している。水平配向膜26を形成する代わりに、図29(c)に示したよう

に、対向電極22の表面を露出させてもよい。

【0197】上述した、第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える液晶表示装置400Gを図30(a)および(b)に示す。図30(a)は上面図であり、図30(b)は、図30(a)中の22B-22B'線に沿った断面図に相当する。

【0198】液晶表示装置400Gは、第1配向規制構造を構成する開口部14aを有する上層導電層14を有するTFT基板400aと、第2配向規制構造28を有する対向基板200bとを有している。なお、第1配向規制構造は、ここで例示する構成に限られず、前述した種々の構成を適宜用いることができる。また、第2配向規制構造28として、電圧無印加時にも配向規制力を発現するもの(図29(b)~(d)および図29

(e))を例示するが、図29(b)~(d)に示した第1配向規制構造に代えて、図29(a)に示したものをを用いることもできる。

【0199】液晶表示装置400Gの対向基板200bに設けられている第2配向規制構造28のうち、上層導電層14の中実部14bに対向する領域の中央付近に設

42

けられている第2配向規制構造28は、図29(b)~(d)に示したもののいずれかであり、上層導電層14の開口部14aに対向する領域の中央付近に設けられている第2配向規制構造28は、図29(e)に示したものである。

【0200】このように配置することによって、液晶層30に電圧を印加した状態、すなわち、上層導電層14と対向電極22との間に電圧を印加した状態において、第1配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向の方向と、第2配向規制構造28によって形成される放射状傾斜配向の方向が整合し、放射状傾斜配向が安定化する。この様子を図30(a)~(c)に模式的に示している。図30(a)は電圧無印加時を示し、図30(b)は電圧印加後に配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を示し、図30(c)は電圧印加中の定常状態を模式的に示している。

【0201】第2配向規制構造(図29(b)~(d))による配向規制力は、図31(a)に示したように、電圧無印加状態においても、近傍の液晶分子30aに作用し、放射状傾斜配向を形成する。

【0202】電圧を印加し始めると、図31(b)に示したような等電位線EQで示される電界が発生し(第1配向規制構造による)、開口部14aおよび中実部14bに対応する領域に液晶分子30aが放射状傾斜配向した液晶ドメインが形成され、図31(c)に示したような定常状態に達する。このとき、それぞれの液晶ドメイン内の液晶分子30aの傾斜方向は、対応する領域に設けられた第2配向規制構造28の配向規制力による液晶分子30aの傾斜方向と一致する。

【0203】定常状態にある液晶表示装置400Gに応力が印加されると、液晶層30の放射状傾斜配向は一旦崩れるが、応力が取り除かれると、第1配向規制構造および第2配向規制構造による配向規制力が液晶分子30aに作用しているため、放射状傾斜配向状態に復帰する。従って、応力による残像の発生が抑制される。第2配向規制構造28による配向規制力が強すぎると、電圧無印加時にも放射状傾斜配向によるリタデーションが発生し、表示のコントラスト比を低下するおそれがあるが、第2配向規制構造28による配向規制力は、第1配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向の安定化および中心軸位置を固定する効果を有せばいいので、強い配向規制力は必要なく、表示品位を低下させるほどのリタデーションを発生させない程度の配向規制力で十分である。

【0204】例えば、図29(b)に示した凸部22bを採用する場合、直径が約 $30\mu\text{m}$ ~約 $35\mu\text{m}$ の単位中実部14b'に対して、それぞれ直径が約 $15\mu\text{m}$ で高さ(厚さ)が約 $1\mu\text{m}$ の凸部22bを形成すれば、十分な配向規制力が得られ、且つ、リタデーションによるコントラスト比の低下も実用上問題の無いレベルに抑え

られる。

【0205】図32(a)および(b)に、第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える他の液晶表示装置400Hを示す。図32(a)は上面図、図32

(b)は図32(a)の32B-32B'線に沿った断面図である。

【0206】液晶表示装置400Hは、TFT基板400aの上層導電層14の開口部14aに対向する領域には第2配向規制構造を有していない。開口部14aに対向する領域に形成されるべき図29(e)に示した第2配向規制構造28を形成することはプロセス上の困難さを伴うので、生産性の観点からは、図29(a)～

(d)に示した第2配向規制構造28のいずれかだけをを用いることが好ましい。特に、図29(b)に示した第2配向規制構造28は簡便なプロセスで製造できるので好ましい。

【0207】液晶表示装置400Hのように、開口部14aに対応する領域に第2配向規制構造を設けなくとも、図33(a)～(c)に模式的に示したように、液晶表示装置400Gと同様の放射状傾斜配向が得られ、その耐応力性も実用上問題が無い。

(実施形態4)本実施形態の液晶表示装置は、絵素電極の上層導電層と下層導電層との間に設けられた誘電体層が、上層導電層の開口部内に穴(孔)または凹部を有する。すなわち、本実施形態の液晶表示装置の2層構造の絵素電極は、上層導電層の開口部内に位置する誘電体層の全部が除去された(穴が形成された)構造または一部が除去された(凹部が形成された)構造を有する。

【0208】まず、図34を参照しながら、誘電体層に穴が形成された絵素電極を備える液晶表示装置500の構造と動作を説明する。

【0209】液晶表示装置500は、絵素電極15の上層導電層14が開口部14aを有するとともに、下層導電層12と上層導電層14との間に設けられている誘電体層13が、上層導電層14が有する開口部14aに対応して形成された開口部13aを有しており、開口部13a内に下層導電層12が露出されている。誘電体層13の開口部13aの側壁は、一般にテーパ状(テーパ角:  $\theta$ )に形成されている。液晶表示装置500は、誘電体層13が開口部13aを有していることを除いて、実施形態1の液晶表示装置100と実質的に同じ構造を有しており、2層構造の絵素電極15は、実質的に液晶表示装置100の絵素電極15と同じように作用し、電圧印加時に液晶層30を放射状傾斜配向状態とする。

【0210】液晶表示装置500の動作を図34(a)～(c)を参照しながら説明する。図34(a)～

(c)は、実施形態1の液晶表示装置100についての図1(a)～(c)にそれぞれ対応する。

【0211】図34(a)に示したように、電圧無印加時(OFF状態)には、絵素領域内の液晶分子30a

は、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。ここでは、簡単さのために、開口部13aの側壁による配向規制力は無視して説明する。

【0212】液晶層30に電圧を印加すると、図34(b)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。等電位線EQが上層導電層14の開口部14aに対応する領域で落ち込んでいる(「谷」が形成されている。)ことから分かるように、液晶表示装置500の液晶層30にも図1(b)に示した電位勾配と同様に、傾斜電界が形成されている。しかしながら、絵素電極15の誘電体層13が、上層導電層14の開口部14aに対応する領域に開口部13aを有するので、開口部14a内(開口部13a内)に対応する領域の液晶層30に印加される電圧は、下層導電層12と対向電極22との電位差そのものであり、誘電体層13による電圧降下(容量分割)が発生しない。すなわち、上層導電層14と対向電極22との間に図示した7本の等電位線は、液晶層30全体に亘って7本であり(図1(b)では、5本の等電位線EQのうちの1本が誘電体層13中に侵入しているのに対し)、絵素領域全体に亘って一定の電圧が印加される。

【0213】このように、誘電体層13に開口部13aを形成することによって、開口部13aに対応する液晶層30にも、その他の領域に対応する液晶層30と同じ電圧を印加することできる。しかしながら、電圧が印加される液晶層30の厚さが絵素領域内の場所によって異なるので、電圧印加時のリタデーションの変化が場所によって異なり、その程度が著しく大きいと、表示品位が低下するという問題が発生する。

【0214】図34に示した構成においては、上層導電層(開口部14a以外)14上の液晶層30の厚さd1と、開口部14a(および開口部13a)内に位置する下層導電層12上の液晶層30の厚さd2とは、誘電体層13の厚さ分だけ異なる。厚さd1の液晶層30と厚さd2の液晶層30とを同じ電圧範囲で駆動すると、液晶層30の配向変化に伴うリタデーションの変化量は、それぞれの液晶層30の厚さの影響を受けて互いに異なる。印加電圧と液晶層30のリタデーション量との関係が場所によって著しく異なると、表示品位を重視した設計においては透過率が犠牲になり、透過率を重視すると白表示の色温度がシフトし表示品位が犠牲になるという問題が発生する。したがって、液晶表示装置500を透過型液晶表示装置として用いる場合には、誘電体層13の厚さは薄い方がよい。

【0215】次に、絵素電極の誘電体層が凹部を有する液晶表示装置600の1つの絵素領域の断面構造を図35に示す。

【0216】液晶表示装置600の絵素電極15を構成する誘電体層13は、上層導電層14の開口部14aに対応する凹部13bを有している。その他の構造は、図

(24)

45

34に示した液晶表示装置500と実質的に同じ構造を有している。

【0217】液晶表示装置600においては、絵素電極15が有する上層導電層14の開口部14a内に位置する誘電体層13は完全に除去されていないので、開口部14a内に位置する液晶層30の厚さd3は、液晶表示装置500における開口部14a内に位置する液晶層30の厚さd2よりも、凹部13b内の誘電体層13の厚さ分だけ薄い。また、開口部14a内に位置する液晶層30に印加される電圧は、凹部13b内の誘電体層13による電圧降下（容量分割）を受けるので、上層導電層（開口部14aを除く領域）14上の液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。したがって、凹部13b内の誘電体層13の厚さを調整することによって、液晶層30の厚さの違いに起因するリタデーション量の違いと、液晶層30に印加される電圧の場所による違い（開口部14a内の液晶層に印加される電圧の低下量）との関係を制御し、印加電圧とリタデーションとの関係が絵素領域内の場所に依存しないようにすることができる。より厳密には、液晶層の複屈折率、液晶層の厚さ、誘電体層の誘電率および誘電体層の厚さ、誘電体層の凹部の厚さ（凹部の深さ）を調整することによって、印加電圧とリタデーションとの関係を絵素領域内の場所で均一にすることができ、高品位な表示が可能となる。特に、表面が平坦な誘電体層を有する透過型表示装置と比較し、上層導電層14の開口部14aに対応する領域の液晶層30に印加される電圧の低下による透過率の減少（光の利用効率の低下）が抑制される利点がある。

【0218】上述の説明は、絵素電極15を構成する上層導電層14と下層導電層12とに同じ電圧を供給した場合について説明したが、下層導電層12と上層導電層14とに異なる電圧を印加する構成とすれば、表示むらの無い表示が可能な液晶表示装置の構成のバリエーションを増やすことができる。例えば、上層導電層14の開口部14a内に誘電体層13を有する構成においては、上層導電層14に印加する電圧よりも、誘電体層13による電圧降下分だけ高い電圧を下層導電層12に印加することによって、液晶層30に印加される電圧が絵素領域内の場所によって異なることを防止することができる。

【0219】本実施形態4の液晶表示装置500および600においても、実施形態1の液晶表示装置100と同様に、開口部14aを有する上層導電層14を備える2層電極構造の絵素電極15によって生じる斜め電界の作用で、開口部14aのエッジ部の液晶分子30aから傾斜配向し、絵素領域内の液晶層30が開口部14aを中心に放射状傾斜配向状態となる。放射状傾斜配向が形成される現象の説明は、ここでは省略する。

【0220】図36を参照しながら、本実施形態の液晶表示装置の絵素電極の構造をさらに詳しく説明する。図

46

36(a)および(b)は、絵素電極の近傍を拡大した模式的な断面図である。図36(a)は、誘電体層13の開口部13aの側壁に上層導電層14が形成されていない絵素電極構造を示し、図36(b)は、誘電体層13の開口部13aの側壁にも上層導電層14が形成されている絵素電極構造を示している。

【0221】上述した図34および図35に示した液晶表示装置500および600が有している、図36

(a)に示した構造は、図36(b)に示した絵素電極構造よりも好ましい。なぜならば、図36(a)に示した絵素電極構造の方が、上層導電層14の開口14aのエッジ部に生成される斜め電界の傾斜がきつく（傾斜角が大きく）、その結果、エッジ部近傍の液晶分子30aをより安定に（一義的な方向に）傾斜配向させることが可能になるからである。図36(a)中の等電位線EQから分かるように、開口部14a内の等電位線EQは、その一部が誘電体層13の開口部13aの側壁に侵入するので、等電位線EQの開口部14aのエッジ部における傾斜は、側壁の傾斜よりも強くなる。したがって、開口部13aの側壁の表面（側面上に形成された垂直配向膜（不図示）上）に垂直に配向規制されている液晶分子30aを一義的に（図示の例では反時計回り方向に）傾斜させることができる。また、図36(a)から分かるように、開口部13aの側壁上の液晶分子30aが斜め電界によって一義的な方向に傾斜（回転）するためには、側壁の傾斜角 $\theta$ は小さい方が好ましい。

【0222】これに対し、誘電体層13の開口部13aの側壁上に上層導電層14を形成すると、図36(b)中の等電位線EQに示したよう、側壁上では等電位線EQが上層導電層14の表面に平行になるので、開口部14aのエッジ部における等電位線EQの傾斜は側壁の傾斜よりも緩やかになる。したがって、誘電体層13の開口部13aの側壁の表面（上層導電層上に形成された垂直配向膜（不図示）上）に垂直に配向規制されている液晶分子30aに対して、等電位線EQは直交するので、液晶分子30aが傾斜する方向が一義的に決まらないという問題が発生することがある。なお、上層導電層14と下層導電層12とを電氣的に接続するために、上層導電層14の一部を下層導電層12の一部に重ねてもよい。この場合、上層導電層14と下層導電層12とを電氣的に接続するためのコンタクトホールを別途設ける必要がなくなる。特に、誘電体層13の平坦な表面（上面）上に形成された上層導電層14を反射電極（反射層）として用いる反射型液晶表示装置においては、開口率を向上することができる。

【0223】誘電体層13が開口部13aを有する構造についての上記の説明は、誘電体層13が凹部13bを有する構成にも適用される。

【0224】本実施形態の液晶表示装置として、上層導電層14が絵素領域に1つの開口部14aを有する絵素

(25)

47

電極を備えた液晶表示装置を例示したが、本実施形態は、上記の例に限られず、絵素領域毎に複数の開口部14aを有する液晶表示装置に適用することができる。上述した、上層導電層14の開口部14a対応して、誘電体層13に開口部13aまたは凹部13bを形成する構成は、実施形態1として説明した全ての液晶表示装置に適用することができる。

【0225】（実施形態5）実施形態5の液晶表示装置700の1つの絵素領域を模式的に図37に示す。図37(a)は液晶表示装置700の断面図、図37(b)は液晶表示装置700の平面図である。図37(a)は図37(b)中の37A-37A'線に沿った断面図に相当する。液晶表示装置700は下層導電層12がさらに開口部12aを有する以外は、実施形態4の液晶表示装置500と実質的に同じ構造を有しているので、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0226】液晶表示装置700の絵素電極15の下層導電層は、誘電体層13の開口部13a内に露出された領域内に開口部12aを有している。図37(b)に示したように、誘電体層13の円形の開口部13aは、絵素領域の中央、すなわち上層導電層14の中央部に設けられた円形の開口部14aに対応して設けられている。誘電体層13の開口部13a内に露出された下層導電層12に形成されている開口部12aは、開口部14aおよび開口部13aの中央にある。

【0227】この液晶表示装置700の液晶層30に電圧を印加すると、図37(a)に示した等電位線EQで表される電界が発生する。上層導電層14の開口部14aのエッジ部EGで落ち込んだ等電位線EQは、下層導電層12の開口部12a内でさらに落ち込む。

【0228】下層導電層12の開口部12aのエッジ部にも斜め電界が形成されるので、電圧を印加された液晶層30中の液晶分子30aの配向変化は、開口部14aのエッジ部と開口部12aのエッジ部における液晶分子30aの傾斜がトリガーとなって起こり、開口部12aの中心で垂直に配向した状態の液晶分子30aを中心に、放射状傾斜配向が形成される。このように、上層導電層14の開口部14aに加え、開口部14aに対向する位置にある下層導電層12の中央に開口部12aを設けることによって、開口部14a内の液晶分子30aの放射状傾斜配向の位置を正確に且つ安定に制御することができるので、放射状傾斜配向がさらに安定化するとともに、応答速度を向上することができる。

【0229】なお、開口部12aに対応する液晶層30には電圧が印加されないので、開口部12aは大きくなることが好ましい。典型的には $8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。開口部12aは、放射状傾斜配向の中心にのみ形成すればよいので、開口部14a毎の中心に1つ形成すればよい。開口部12aの形状は、円形に限らず、楕円や多角形が用いられ得ることは、開口部14aにつ

48

いて上述したのと同じである。

【0230】誘電体層13に開口部13aを形成した構成について、開口部12aの作用を説明したが、誘電体層13に凹部13bを形成した場合（図35）や平坦な誘電体層13を用いる場合（例えば図1）に用いることができる。すなわち、液晶表示装置700を例に説明した、絵素電極15の下層導電層12が、上層導電層14の開口部14aに対向する領域に開口部12aを有する構成は、上述した実施形態1および2の液晶表示装置と適宜組み合わせることができる。但し、開口部12aは小さい（典型的には直径 $8\mu\text{m}$ 以下）ので、開口部12a上の誘電体層13が厚い場合には十分な効果が得られないことがある。

【0231】（透過反射両用型液晶表示装置への適用）透過反射両用型液晶表示装置（以下、「両用型液晶表示装置」と略す）は、絵素領域内に、透過モードで表示を行う透過領域と、反射モードで表示を行う反射領域とを有する液晶表示装置を指す。透過領域および反射領域は、典型的には、透明電極および反射電極によって規定される。反射電極に代えて、反射層と透明電極との組み合わせた構造によって、反射領域を規定することもできる。

【0232】この両用型液晶表示装置は、反射モードと透過モードとを切り替えて表示すること、または同時に両方の表示モードで表示することもできる。したがって、例えば、周囲光が明るい環境下では反射モードの表示を、暗い環境では透過モードの表示を実現することができる。また、両方のモードの表示を同時に行うと、透過モードの液晶表示装置を周囲光が明るい環境下（蛍光灯の光や太陽光が直接特定の角度で表示面に入射する状態）で使用したときに見られるコントラスト比の低下を抑制することができる。このように、透過型液晶表示装置の欠点を補うことができる。なお、透過領域と反射領域との面積の比率は、液晶表示装置の用途に応じて適宜設定され得る。また、専ら透過型として用いる液晶表示装置においては、反射モードでの表示ができない程度にまで反射領域の面積比率を小さくしても、上述した透過型液晶表示装置の欠点を補うことができる。

【0233】図38A、図38Bおよび図38Cを参照しながら両用型液晶表示装置の構造と動作を説明する。図38Aに示した両用型液晶表示装置150は実施形態1の液晶表示装置100と、図38Bに示した両用型液晶表示装置550は実施形態4の液晶表示装置500と、図38Cに示した両用型液晶表示装置650は実施形態4の液晶表示装置600と、それぞれ基本的に同じ構造を有している。両用型液晶表示装置は、図示したこれらの例に限られず、実施形態1、2および3で説明した全ての液晶表示装置において、上層電極層および下層電極層の内のいずれか一方を透明導電層とし、他方を反射導電層とすることによって得られる。

(26)

49

【0234】図38Aに示した液晶表示装置150は、絵素電極15の上層導電層14Tは透明導電層から形成されており、下層導電層12Rは光反射特性を有する導電層、典型的には金属層から形成されている。絵素電極15で規定される絵素領域は、反射下層導電層12Rによって規定される反射領域Rと、透明上層導電層14Tで規定される透過領域Tとを有している。なお、透明上層導電層14Tと反射下層導電層12Rとの重なりや、基板法線（表示面法線）に対して斜めに入射する光の表示への寄与を考慮すると、反射領域Rと透過領域Tとはその境界付近で互いに重なることになるが、簡単さのために、基板法線方向から入射する光による表示モードによって両領域を区別して図示することにする。

【0235】液晶表示装置150の基本的な構造は、液晶表示装置100と同じなので、実質的に同じように液晶層を駆動する。すなわち、液晶層30は、電圧印加時に、2層構造の絵素電極15の作用によって、安定した放射状傾斜配向をとり、視角特性に優れた液晶表示装置が実現される。

【0236】以下に、液晶表示装置150の表示動作を説明する。

【0237】液晶表示装置150が白表示状態のとき、TFT基板100aの外側（図中の下側）に設けられたバックライト（不図示）から透過領域Tに入射する光は、基板11、誘電体層13、透明上層導電層14Tを順次通過し、液晶層30を経て、対向基板100b側に出射される。対向基板100b側から入射する光（典型的には周囲光）は、基板21および対向電極22を順次通過し、液晶層30および誘電体層13を経て、反射下層導電層12Rに入射し、反射され、逆の経路を辿って、対向基板100b側に出射される。

【0238】このように、透過モードで表示を行う光は液晶層30を1回しか通過しないのに対し、反射モードの表示を行う光は液晶層30を2回通過する。したがって、絵素領域の全体（透過領域Tおよび反射領域R）に亘って均一な厚さ（ $d_5$ ）の液晶層30に、同じ電圧を印加すると、透過光が液晶層30によって受けるリタデーションの変化量と、反射光が液晶層30から受けるリタデーションの変化量とが一致しなくなり、液晶層30に電圧印加時に、透過光と反射光で同時に同じ階調を表示することができず、表示品位が低下するという問題が発生する。

【0239】しかしながら、以下に説明するように、本発明による液晶表示装置150では上記の問題の発生を回避することができる。

【0240】液晶表示装置150は2層構造の絵素電極15を備えるので、実施形態1の液晶表示装置について説明したように、反射領域R内の液晶層30に印加される電圧（下層導電層12Rと対向電極22との間の電圧）は、誘電体層13による電圧降下を受けるので、透

50

過領域T内に液晶層30に印加される電圧（上層導電層14Tと対向電極22との間の電圧）よりも低くなる。その結果、反射領域R内の液晶層30によるリタデーション変化は、透過領域T内の液晶層30のリタデーション変化よりも少ない。したがって、液晶層30の複屈折率および厚さ、誘電体層13の誘電率および厚さを調整することによって、透過領域T内の液晶層30によるリタデーション変化と反射領域R内の液晶層30によるリタデーション変化とを近づけることができる。すなわち、反射光のリタデーションに対する光路長の影響を、印加電圧を調整することによって補償することができる。

【0241】上述したように、本発明の液晶表示装置150を用いると、透過モードの電圧-透過率特性と反射モードの電圧-反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0242】次に、図38Bを参照しながら、他の両用型液晶表示装置550の構造と動作とを説明する。両用型液晶表示装置550の絵素電極15の上層導電層14Rは光反射特性を有する導電層から形成されており、下層導電層12Tは透明導電層から形成されている。絵素電極15で規定される絵素領域は、反射上層導電層14Rによって規定される反射領域Rと、透明下層導電層12Tで規定される透過領域Tとを有している。両用型液晶表示装置550のその他の基本的な構成は、図34に示した液晶表示装置500と同様なので、その説明はここでは省略する。

【0243】液晶表示装置550の反射上層導電層14Rの開口部14a以外の領域内（すなわち、反射領域R内）の液晶層30の厚さを $d_1$ 、反射上層導電層14Rの開口部14a内および誘電体層13の開口部13a内（すなわち、透過領域T内）の液晶層30の厚さを $d_2$ とする。反射モードの表示に寄与する光（反射光）は、反射領域R内の厚さ $d_1$ の液晶層30を2回通過し、透過モードの表示に寄与する光（透過光）は、透過領域T内の厚さ $d_2$ の液晶層30を1回通過する。従って、誘電体層13の厚さを $d_1$ と等しくすることによって、 $d_1 = d_2 / 2$ とすれば、反射光および透過光がそれぞれ液晶層30を通過する距離を互いに等しくできる。また、液晶表示装置550の絵素電極15は、透明下層導電層12Tが誘電体層13の開口部13a内に露出されている構成（透明下層導電層12T上に誘電体層13が存在しない構成）を有しているので、透過領域T内の液晶層30に印加される電圧は、反射領域R内の液晶層30に印加される電圧と等しい。

【0244】従って、反射領域R内の液晶層30の厚さ $d_1$ と透過領域T内の液晶層30の厚さ $d_2$ とが $2 \cdot d_1 = d_2$ の関係を満足するように設定すれば、下層導電



(27)

51

層12Rと上層導電層14Tに同じ電圧を印加した場合に透過光が液晶層30によって受けるリタデーションの変化量と、反射光が液晶層30から受けるリタデーションの変化量とが一致する。但し、反射領域R内の液晶層30の厚さと透過領域T内の液晶層30の厚さとが互いに異なると、印加する電圧が等しくても電界強度は異なるため、この違いを考慮して、 $2 \cdot d1 = d2$ の関係からずらした方がより好ましい。

【0245】上述したように、本発明の液晶表示装置550を用いると、透過モードの電圧-透過率特性と反射モードの電圧-反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0246】次に、図38Cを参照しながら、他の両用型液晶表示装置650の構造と動作とを説明する。両用型液晶表示装置650の絵素電極15の上層導電層14Rは光反射特性を有する導電層から形成されており、下層導電層12Tは透明導電層から形成されている。絵素電極15で規定される絵素領域は、反射上層導電層14Rによって規定される反射領域Rと、透明下層導電層12Tで規定される透過領域Tとを有している。両用型液晶表示装置650のその他の基本的な構成は、図35に示した液晶表示装置600と同様なので、その説明はここでは省略する。

【0247】液晶表示装置650の反射上層導電層14Rの開口部14a以外の領域内（すなわち、反射領域R内）の液晶層30の厚さを $d1$ 、反射上層導電層14Rの開口部14a内および誘電体層13の凹部13b内（すなわち、透過領域T内）の液晶層30の厚さを $d3$ とする。透過領域T内の液晶層30の厚さ $d3$ は、反射領域R内の液晶層30の厚さ $d1$ よりも、誘電体層13の凹部13bの深さ分だけ厚い。反射モードの表示に寄与する光（反射光）は、反射領域R内の厚さ $d1$ の液晶層30を2回通過し、透過モードの表示に寄与する光（透過光）は、透過領域T内の厚さ $d3$ の液晶層30を1回通過する。すなわち、透過光が液晶層30内を通過する距離は $d3$ で、反射光が液晶層30内を通過する距離は $2 \cdot d1$ である。

【0248】一方、透過領域T内の液晶層30に印加される電圧は、凹部13b内の誘電体層13による電圧降下（容量分割）を受けるので、反射領域Rの液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。したがって、凹部13b内の誘電体層13の厚さを調整することによって、液晶層30内を通過する距離の違いに起因するリタデーション量の違いと、液晶層30に印加される電圧の場所による違い（透過領域T内の液晶層30に印加される電圧の低下量）との関係を制御し、印加電圧とリタデーションとの関係が透過領域Tと反射領域Rとで一致させることができる。より厳密には、液晶層の複屈折率、

52

液晶層の厚さ、誘電体層の誘電率および誘電体層の厚さ、誘電体層の凹部の厚さ（凹部の深さ）を調整することによって、印加電圧とリタデーションとの関係を透過領域と反射領域とに亘って均一にすることができる。

【0249】上述したように、本発明の液晶表示装置650を用いると、透過モードの電圧-透過率特性と反射モードの電圧-反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0250】透過反射両用型液晶表示装置150、550および650を図38A、38Bおよび38Cでは、反射導電層（上層または下層導電層）の表面を平坦に描いたが、反射導電層の表面を凹凸状に加工することによって、光を拡散反射（または散乱）させる機能を付与することもできる。反射導電層に光拡散機能を付与することによって、視差が無く、表示品位の高い反射モードの表示を実現することが出来る。

【0251】反射導電層の表面に凹凸を形成する方法としては、例えば、特開平6-75238号公報に開示されている方法が挙げられる。

【0252】例えば、フォトリソスト（ネガ型またはポジ型のいずれでもよい）を用いて誘電体層13を形成し、所定のパターンの透光部（または遮光部）を有するフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィプロセスで、レジスト層の表面に凹凸を加工する。必要に応じて、凹凸が形成されたレジスト層を加熱し、レジスト層の表面が熱によって変形する現象（熱だれ）を利用し、凹凸を滑らか（連続した波状）としてもよい。このようにして形成された誘電体層13の凹凸を有する表面上に反射上層導電層を形成することによって、反射上層導電層の表面に凹凸を形成することができる。

【0253】但し、図38Bおよび38Cに示した両用型液晶表示装置550および650の様に、反射上層導電層14Rを用いる構成においては、図40(a)および(b)に示した様に、開口部14aのエッジ部における誘電体層13の高さが均一とすることが好ましい。

【0254】本発明の液晶表示装置においては、開口部14aを有する反射上層導電層14Rを備える2層構造の絵素電極15によって、開口部14aのエッジ部に生成される斜め電界を利用して液晶分子を放射状傾斜配向させている。

【0255】しかしながら、図39(a)に示した様に、誘電体層13の表面に形成した凹凸（図中の円は凹部または凸部を模式的に示している。）が、誘電体層13の開口部13aや凹部13bと重なるように配置されると、図39(b)に示した様に、開口部14aのエッジ部における誘電体層13の厚さが場所によって異なる。このように、エッジ部の誘電体層13の表面に凹凸が存在すると、エッジ部に生成される斜め電界の方向

(28)

53

(等電位線の傾斜方向) が場所によって変化することになり、開口部14aを中心とする放射状傾斜配向の安定性が低下したり、開口部14aの位置によって放射状傾斜配向の状態が異なったりする。

【0256】そこで、図40(a)に示すように、開口部14a(誘電体層13の開口部13aまたは凹部13b)の周辺の誘電体層13の表面には凹凸を形成せず、平坦な表面とすると、図40(b)に示すように、開口部14aの全周に亘ってエッジ部付近の誘電体層13が均一な厚さを有する構造が得られる。

【0257】なお、反射導電層の表面を凹凸状に加工することによって反射導電層に光拡散機能を付与する代わりに、光拡散機能を有する拡散層を反射導電層の光入射側に設けてもよい。拡散層は、液晶パネルの内側(基板の液晶層側)に設けてもよいし、外側(観察者側)に設けてもよい。拡散層は、液晶表示装置の反射領域に選択的に設けることが好ましい。

【0258】(偏光板、位相差板の配置) 負の誘電率異方性を有する液晶分子が電圧無印加時に垂直配向する液晶層を備える、いわゆる垂直配向型液晶表示装置は、種々の表示モードで表示を行うことができるが、そのなかで、液晶層の複屈折率を電界によって制御することによって表示する複屈折モードが、表示品位の観点から好ましい。複屈折モードの垂直配向型液晶表示装置の表示品位を向上するための、偏光板や位相差板(波長板)の配置関係を以下に説明する。先の実施形態1から5で説明した全ての液晶表示装置の一对の基板(例えば、TFT基板と対向基板)の外側(液晶層30と反対側)に一对の偏光板を設けることによって、複屈折モードの液晶表示装置を得ることができる。

【0259】まず、偏光板の配置を図41および図42を参照しながら説明する。図41は電圧無印加状態(OFF状態)を、図42は電圧印加状態(ON状態)をそれぞれ示している。

【0260】図41(a)は、TFT基板100aおよび対向基板100bのそれぞれの外側に偏光板50aおよび50bをそれぞれ有する液晶表示装置100Aの模式的な断面図である。液晶表示装置100Aは、先の実施形態1から5の任意の液晶表示装置であり得る。図41(a)に示したように、液晶層30内の液晶分子30aは電圧無印加時には垂直配向状態にある。

【0261】図41(b)は、液晶表示装置100Aを対向基板100b側(観察者側)から表示面法線方向(基板法線方向)に沿って見たときの、偏光板50aおよび50bの透過軸(偏光軸)PAの配置関係を模式的に示している。図中の実線矢印PA1は偏光板(上側)50bの透過軸を、破線矢印は偏光板(下側)50aの透過軸PA2をそれぞれ示している。図41(b)に示したように、偏光板50aおよび50bの透過軸PA2およびPA1は、互いに直交するように配置されてい

54

る。すなわち、偏光板50aおよび50bはクロスニコル状態に配置されている。

【0262】電圧無印加時の液晶層30の液晶分子30aの軸方位は基板面に対して垂直であるため、液晶層30に垂直に入射する偏光に対しては位相差を与えない。なお、「液晶層30に垂直」とは、基板100aおよび100bに平行な液晶層30の面に対して垂直であることを意味する。

【0263】垂直配向状態の液晶層30は、垂直入射する偏光に位相差を与えないので、例えば、TFT基板100a側から液晶層30に垂直に入射する光は、偏光板50aを通過することによって透過軸PA2に沿った偏光方向を有する直線偏光となり、液晶層30に垂直に入射し、その偏光方向を維持したまま液晶層30を通過して偏光板50bに入射する。偏光板50aおよび偏光板50bの透過軸PA2およびPA1は互いに直交しているため、対向基板100bを通過した直線偏光は偏光板50bで吸収される。その結果、電圧無印加状態の液晶表示装置100Aは黒表示となる。

【0264】電圧印加状態では、図42(a)および(b)に示したように、液晶分子30aは放射状傾斜配向している。図42(a)および(b)では、簡単さのために1つの放射状傾斜配向領域を図示しているが、先の実施形態1から5で説明したように、1つの絵素領域内に複数の放射状傾斜配向領域が形成されてもよい。以下の図面においても、1つの放射状傾斜配向を図示することがあるが、1つの絵素領域内に複数の放射状傾斜配向領域が形成されてもよい。

【0265】放射状傾斜配向した液晶分子30aを含む液晶層30は、例えば、TFT基板100a側から液晶層30に垂直に入射する光は、偏光板50aを通過することによって透過軸PA2に沿った偏光方向を有する直線偏光となり、液晶層30に垂直に入射する。基板法線方向から見た軸方位がこの直線偏光の偏光方向に対して平行または直交するように配向している液晶分子30a、および垂直配向状態にある液晶分子(放射状傾斜配向の中心に位置する液晶分子)30aは、液晶層30に垂直に入射した直線偏光に位相差を与えない。従って、液晶分子30aが上記の配向方向にある領域に入射した直線偏光は、偏光状態を維持したまま液晶層30を通過し、対向基板100bを通過して偏光板50bに入射する。偏光板50aおよび偏光板50bの透過軸PA2およびPA1は互いに直交しているため、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。すなわち、放射状傾斜配向状態の液晶層30の一部の領域は、電圧印加状態においても、黒表示状態となる。

【0266】一方、偏光板50aの透過軸PA2に平行な偏光方向を有する直線偏光のうち、基板法線方向から見た軸方位がこの直線偏光の偏光方向に対して平行または直交するように配向している液晶分子30a、および



(29)

55

垂直配向状態にある液晶分子30a以外の液晶分子30aを含む領域に入射した直線偏光は、液晶層30によって位相差が与えられる。すなわち、直線偏光は偏光状態を崩され、楕円偏光となる。また、この位相差は、入射直線偏光の偏光方向と、基板法線方向から見たときの液晶分子30aの軸方位が45度をなす領域で最大となり、入射直線偏光の偏光方向に対して、基板法線方向から見たときの液晶分子30aの軸方位が平行または直交に近づくにつれて小さくなる。従って、入射直線偏光の偏光方向に対して、基板法線方向から見たときの液晶分子30aの軸方位が平行または直交以外、または液晶分子30aの分子軸が基板法線方向に平行ではない領域で、且つ、基板法線方向から見たときの液晶分子30aの軸方位が平行または直交以外の領域では、液晶層30に入射する直線偏光に位相差が与えられ、直線偏光が崩される（一般的には楕円偏光となる）。従って、液晶層30を通過することによって偏光状態が変換された偏光が、偏光板50bに入射すると、その一部は偏光板50bを透過する。この透過する偏光の量は、液晶層30によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層30に印加する電圧を制御することによって調整され得る。従って、液晶層30に印加する電圧を制御することによって、階調表示が可能となる。

【0267】（ $\lambda/4$ 板）液晶層の両側に配置された一対の偏光板と液晶層との間に、4分の一波長板（ $\lambda/4$ 板）を設けることによって、さらに表示品位を向上することができる。すなわち、放射状傾斜配向を呈する液晶層30に円偏光を入射させることによって、光の利用効率を高めることができる。例えば、特開平10-301114号公報に開示されている4分割マルチドメイン配向の垂直配向型液晶層に直線偏光を入射させる液晶表示装置は、マルチドメインのドメイン間の境界領域を表示に寄与させることができないのに対し、連続的に配向方向が変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層に円偏光を入射させる構成を採用すると、より明るい（光の利用効率の高い）液晶表示装置を実現することができる。

【0268】図43および図44を参照しながら、 $\lambda/4$ 板の作用を説明する。図43は電圧無印加状態を、図44は電圧印加状態をそれぞれ模式的に示している。なお、本願明細書において、特にことわらない限り、「 $\lambda/4$ 板」は、単層のものを指し、複数の位相差板を積層して全体として $\lambda/4$ 条件を満足する位相差板を、特に「広帯域 $\lambda/4$ 板」と呼ぶことにする。ここでは、単層の $\lambda/4$ 板を用いた構成について説明する。

【0269】図43および図44に示した液晶表示装置100Bは、液晶表示装置100の両側に、偏光板50aおよび50bと、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bとを有している。 $\lambda/4$ 板60aおよび60bは、その遅相軸に対して45°の偏光方向を有する直線偏光を円偏光に変換または逆に円偏光をその遅相軸に対して45°の偏

56

光方向を有する直線偏光に変換する位相差板である。なお、液晶表示装置100に限られず、実施形態1から5の任意の液晶表示装置を用いることができる。

【0270】液晶表示装置100Bは、TFT基板100aとその外側（液晶層30とは反対側）に設けられた偏光板50aとの間に $\lambda/4$ 板60aを有し、対向基板100bと、その外側に設けられた偏光板50bとの間に $\lambda/4$ 板60bを有している。偏光板50aおよび50bのそれぞれの透過軸PA2およびPA1、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bのそれぞれの遅相軸SL2およびSL1は、図43（b）に示したように配置されている。

【0271】 $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2は偏光板50aの透過軸PA2と45°の角度をなし、 $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1は偏光板50bの透過軸PA1と45°の角度をなすように配置されている。透過軸PA1およびPA2と遅相軸SL2およびSL1とがなす角は、同じ方向（例えば、図示したように、対向基板100b側から基板法線方向に沿って見たとき、いずれも同一方向、右回りなら両方とも右回り、左回りなら両方とも左回り）に45度をなすように配置されている。

【0272】図43（a）に示したように、電圧無印加時には、液晶層30は垂直配向状態にあるので、液晶層30に垂直に入射する光に位相差を与えない。従って、例えば、TFT基板100a側から液晶層30に垂直に入射する光は、偏光板50aを通り、偏光方向が $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2に対して45°の直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板60aに入射する。この直線偏光は $\lambda/4$ 板60aを通過することによって円偏光に変換される。円偏光は偏光状態を維持したままで液晶層30を通過し、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bを通過することによって円偏光は、偏光方向が遅相軸SL1に対して45度の直線偏光となり、偏光板50bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bを通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板50bの透過軸PA1と直交しているため、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。従って、液晶表示装置100Bは、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0273】電圧印加状態では、図44（a）および（b）に示したように、液晶分子30aは放射状傾斜配向している。

【0274】放射状傾斜配向した液晶分子30aを含む液晶層30は、液晶層30に入射する光にその偏光方向に応じた位相差を与える。例えば、TFT基板100a側から液晶層30に垂直に入射する光は、偏光板50aを通過することによって、偏光方向が $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2に対して45°の直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板60aに入射する。この直線偏光は $\lambda/4$ 板60aを通過することによって円偏光に変換される。このとき、垂直配向状態にある液晶分子（放射状傾斜配向の中心に位置する液晶分子）30aは、液晶層30に垂直に入射した偏光に位相差を与えない。従って、液晶分子30a

(30)

57

が垂直配向している領域に入射した円偏光は、偏光状態を維持したままで液晶層30を通過し、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bを通過することによって円偏光は、偏光方向が遅相軸SL1に対して45度の直線偏光となり、偏光板50bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bを通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板50bの透過軸PA1と直交しているため、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。すなわち、放射状傾斜配向状態の液晶層30の一部の領域（垂直配向領域のみ）は、電圧印加状態においても、黒表示状態となる。

【0275】一方、 $\lambda/4$ 板60bによって直線偏光から変換された円偏光のうち、垂直配向状態にある液晶分子30a以外の液晶分子30aを含む領域に入射した円偏光は、液晶層30によって位相差が与えられる。すなわち、円偏光の偏光状態が変化する（一般には楕円偏光となる）。従って、 $\lambda/4$ 板60bを通過した偏光の一部は偏光板50bを透過する。この透過する偏光の量は、液晶層30によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層30に印加する電圧を制御することによって調整され得る。従って、液晶層30に印加する電圧を制御することによって、階調表示が可能となる。

【0276】上述したように、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bをさらに有する液晶表示装置100Bは、電圧印加状態で黒表示状態となる領域が、垂直配向領域（放射状傾斜配向の中心）だけであり、垂直配向領域および偏光板の透過軸に平行または直交する方向に配向した領域が黒表示状態となる液晶表示装置100Aと比較し、電圧印加状態で黒表示となる領域が少ない。すなわち、液晶表示装置100Bは、液晶表示装置100Aよりも光利用効率（実効開口率）が高く、輝度の高い表示を実現することができる。

【0277】一般に、単層の $\lambda/4$ 板60aおよび60bの波長分散を完全に無くすことは容易ではない。例えば、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bとして、視感度が最も高い波長が550nmの光に対して $\lambda/4$ 条件を満足するように作製された $\lambda/4$ 板を用いると、光の波長が550nmからずれるに従い $\lambda/4$ 条件からはずれることになる。その結果、液晶表示装置100Bでは、黒表示状態において、波長が550nmからずれた可視光が偏光板50bを通過し、その結果、色づき現象が発生する。

【0278】この黒表示状態における色づき現象の発生を抑制するために、図45に示す液晶表示装置100Cのように、偏光板50aおよび50bの透過軸PA2およびPA1を互いに直交させ、且つ、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bの遅相軸SL2およびSL1を互いに直交させる。偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2と、および偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1とは、液晶表示装置100Bと同様に、それぞれ同一方向に45°の角度をなし

58

ている。このように、 $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1とを互いに直交するように配置することによって、 $\lambda/4$ 板60aおよび $\lambda/4$ 板60bのそれぞれが有する屈折率異方性の波長分散が互いに相殺するので、黒表示状態において、広い波長範囲の可視光が偏光板50bによって吸収され、良好な黒表示が実現される。特に、 $\lambda/4$ 板60aおよび $\lambda/4$ 板60bとして同一の $\lambda/4$ 板（少なくとも同じ材料から形成された $\lambda/4$ 板）を用いることが好ましい。このような構成を採用すると、以下に説明する広帯域 $\lambda/4$ 板を用いる構成よりも安価に、液晶表示装置を構成することができる。

【0279】上述した単層の $\lambda/4$ 板60aおよび60bの屈折率異方性の波長分散に起因する黒表示状態における色づき現象の発生を抑制する他の方法として、単層の $\lambda/4$ 板に代えて、広帯域 $\lambda/4$ 板を用いる方法がある。広帯域 $\lambda/4$ 板は、複数の位相差板を積層することによって波長分散の影響を相殺し、可視光全体（400nm～800nm）に亘って $\lambda/4$ 条件を満足する。広帯域 $\lambda/4$ 板は、例えば、単層の $\lambda/4$ 板と単層の半波長板（以下、「 $\lambda/2$ 板」と称する。）とを積層することによって形成することができる。

【0280】図46に示した液晶表示装置100Dは、液晶表示装置100の両側に、偏光板50aおよび50bと、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bと、 $\lambda/2$ 板70aおよび70bを有している。TFT基板100aの外側（液晶層30とは反対側）には、液晶層30側から順に、 $\lambda/4$ 板60a、 $\lambda/2$ 板70a、および偏光板50aが設けられ、対向基板100bの外側には、液晶層30側から順に、 $\lambda/4$ 板60b、 $\lambda/2$ 板70b、および偏光板50bが設けられている。

【0281】対向基板100b上に配置された $\lambda/4$ 板60b、 $\lambda/2$ 板70b、および偏光板50bは、図46(b)に示すようにそれぞれの光学軸が配置されている。偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/2$ 板70bの遅相軸SL3との間の角を $\alpha$ (°)とすると、偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1との間の角が $2\alpha \pm 45^\circ$ となるように配置されている。

【0282】一方、TFT基板100a上に配置された $\lambda/4$ 板60a、 $\lambda/2$ 板70a、および偏光板50aは、図46(c)に示すようにそれぞれの光学軸が配置されている。偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/2$ 板70aの遅相軸SL4との間の角を $\beta$ (°)とすると、偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2との間の角が $2\beta \pm 45^\circ$ となるように配置されている。また、偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2との間のこの角（ $2\beta \pm 45^\circ$ ）は、偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1との間の角（ $2\alpha \pm 45^\circ$ ）と符号が一致するように設定されている。すなわち、PA1と遅相軸S

(31)

59

L1との間の角が $2\alpha + 45^\circ$ のとき、透過軸PA2と遅相軸SL2との間の角が $2\beta + 45^\circ$ となるように設定されている。

【0283】TFT基板100a側から垂直配向状態にある液晶層30に垂直に入射した光は、偏光板50aを通り直線偏光となり、 $\lambda/2$ 板70aを通して偏光板50aの透過軸PA2に対して $2\beta$ の角度の偏光方向を有する直線偏光になる。この直線偏光は、 $\lambda/4$ 板60aに入射し、円偏光に変換される。この円偏光は、偏光状態を維持したまま液晶層30を通過し、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bによって、 $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1に対して45度の角度の偏光方向を有する直線偏光に変換される。この直線偏光は、 $\lambda/2$ 板70bに入射して $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1に対して $2\beta + 45^\circ$ の角度の直線偏光となり、偏光板50bに入射する。ここで、 $\lambda/2$ 板70bを通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板50bの透過軸PA1と直交しているため、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。従って、液晶表示装置100Dは、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0284】液晶表示装置100Dにおいては、 $\lambda/4$ 板60aと偏光板50aとの間、および $\lambda/4$ 板60bと偏光板50bとの間に、 $\lambda/2$ 板70aおよび $\lambda/2$ 板70bをそれぞれ有しており、 $\lambda/2$ 板70aおよび70bが $\lambda/4$ 板60aおよび60bの屈折率異方性の波長分散を緩和するので、色付きのない良好な黒表示が可能となる。

【0285】この黒表示状態における色づき現象の発生をさらに抑制するために、図47に示す液晶表示装置100Eのように、偏光板50aおよび50bの透過軸PA2およびPA1を互いに直交させ、且つ、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bの遅相軸SL2およびSL1を互いに直交させ、さらに、 $\lambda/2$ 板70aおよび70bの遅相軸SL4およびSL3を互いに直交させる。また、偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/2$ 板70bの遅相軸SL3との間の角を $\alpha$ （°）とすると、偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1との間の角が $2\alpha \pm 45^\circ$ となるように配置されており、偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/2$ 板70aの遅相軸SL4との間の角が $\alpha$ 、偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2との間の角が $2\alpha \pm 45^\circ$ となるように配置されている。また、偏光板50aの透過軸PA2と $\lambda/4$ 板60aの遅相軸SL2との間のこの角（ $2\alpha \pm 45^\circ$ ）は、偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1との間の角（ $2\alpha \pm 45^\circ$ ）と符号が一致するように設定されている。

【0286】このように、偏光板50aおよび50bの透過軸同士、 $\lambda/4$ 板60aおよび60bの遅相軸同士、さらに、 $\lambda/2$ 板70aおよび70bの遅相軸同士をそれぞれ互いに直交させることによって、 $\lambda/4$ 板6

60

0aおよび $\lambda/4$ 板60bのそれぞれが有する屈折率異方性の波長分散を相殺することができ、黒表示状態において、広い波長範囲の可視光が偏光板50bによって吸収され、液晶表示装置100Eは、液晶表示装置100Dよりもさらに良好な黒表示が実現される。

【0287】上述の説明では、液晶層30に垂直に入射する光に対する液晶層30の作用を説明した。液晶表示装置において、特に透過型においては、液晶層30に垂直に入射する光が表示に最も寄与するが、液晶層30に斜めに入射する光も表示に寄与する。液晶層30に斜めに入射する光は、垂直配向状態の液晶層30によっても位相差が与えられる。従って、液晶表示装置の表示面を斜め（表示面法線から傾斜した方向）から見たとき、本来黒表示状態であるべき垂直配向状態において光漏れが発生し、表示のコントラスト比が低下することがある。

【0288】この斜め入射光に対する位相差を相殺するような屈折率異方性を有する位相差板（視角補償板）をさらに設けることによって、あらゆる視角範囲で良好なコントラスト比を有する液晶表示装置を実現することができる。なお、この視角補償板は、単一の位相差板である必要はなく、複数の位相差板を積層したものでもよい。また、視角補償板を設ける位置は、TFT基板100aの外側（液晶層30から最も遠い側）だけでも、対向基板100bの外側だけでも、またTFT基板100aと対向基板100bの両方の外側に設けてもよい。

【0289】なお、上記の $\lambda/4$ 波長板の説明は、透過型液晶表示装置の場合について説明したが、反射型または透過反射両用型液晶表示装置における反射モードの表示の品質を向上するためには、液晶表示装置の観察者側に配置される $\lambda/4$ 板の位相差板の波長分散を低減させる必要がある。従って、広帯域 $\lambda/4$ 板を用いることが好ましい。また、両用型液晶表示装置においては、透過型液晶表示装置について上述したように、広帯域 $\lambda/4$ 板を液晶表示装置の両側に配置し、広帯域 $\lambda/4$ 板の波長分散を互いに相殺させる構成を採用してもよい。

【0290】

【実施例】以下に、実施例に基づいて本発明を説明する。本発明は以下の実施例によって限定されるものではない。特に、上層導電層が有する開口部および中実部のパターン（形状や配置）は、実施形態1で説明した種々のパターンであってよい。

【0291】（実施例1）実施例1の透過型液晶表示装置800の断面図を図48に、平面図を図49にそれぞれ示す。図48は、図49中の48A-48A'線に沿った断面図である。

【0292】透過型液晶表示装置800は、例えば、3.5型18万絵素（ドット数横840×縦220、ドットピッチ横86 $\mu$ m×縦229 $\mu$ m）のTFT型液晶表示装置である。

【0293】液晶表示装置800は、TFT基板800

(32)

61

aと、対向基板800bと、これらの間に配設された垂直配向液晶層30とを有している。マトリクス状に配列された絵素領域のそれぞれは、絵素電極105と対向電極122とに印加される電圧によって駆動される。絵素電極105は、信号電圧が与えられるソース配線114にTFT118を介して接続されており、TFT118はゲート配線108から与えられる走査信号によってそのスイッチング制御される。走査信号によってON状態とされたTFT118に接続されている絵素電極105に信号電圧が印加される。

【0294】絵素電極105は、下層導電層102と、上層導電層104と、これらに間に設けられた誘電体層（層間絶縁層107および感光性樹脂層103）とを有している。下層導電層102と上層導電層104とは、コンタクトホール107aにおいて互いに電気的に接続されている。上層導電層104は、開口部104aを有しており、電圧印加時にはそのエッジ部に斜め電界を発生する。開口部104aは、ゲート配線108と、ソース配線114と、補助容量配線119とによって囲まれる領域に1個形成されている。絵素領域ごとに2つの開口部104aが形成されている。

【0295】なお、補助容量配線119は、絵素領域のほぼ中央付近をゲート配線108と平行に延びるように形成されている。補助容量配線119は、ゲート絶縁層110を介して対向する下層導電層102と、補助容量を形成する。補助容量は、絵素容量の保持率を向上するために設けられる。勿論、補助容量を省略してもよいし、補助容量の構造は上記の例に限られない。

【0296】まず、図50Aを参照しながら、液晶表示装置800のTFT基板800aの製造方法を説明する。

【0297】図50A(a)に示すように、絶縁性透明基板101上に、必要に応じて、ベースコート膜として $Ta_2O_5$ 、 $SiO_2$ などからなる絶縁層（不図示）を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターニングすることによってゲート電極（ゲート配線も含む）108を形成する。ここでは、Taを用いてゲート電極108を形成する。このとき、補助容量配線119を同じ材料を用いて同じ工程で形成してもよい。

【0298】次に、ゲート電極108を覆うように、基板101の表面のほぼ全面にゲート絶縁層110を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $SiNx$ 膜をP-CVD法により堆積し、ゲート絶縁層110を形成する。なお、ゲート電極108を陽極酸化して、この陽極酸化膜をゲート絶縁層として用いることもできる。勿論、陽極酸化膜と $SiNx$ などの絶縁膜とを備える2層構造としてもよい。

【0299】ゲート絶縁層110上に、チャンネル層111および電極コンタクト層112となるSi層を連続し

62

てCVD法で堆積する。チャンネル層111には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層112には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $HCl + SF_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、チャンネル層111および電極コンタクト層112を形成する。

【0300】その後、図50A(b)に示すように、下層導電層を構成する透明導電層(ITO)102をスパッタリング法により約150nm堆積する。続いて、Al、Mo、Taなどからなる金属層114、115を積層する。ここでは、Taを用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース電極113、114およびドレイン電極113、115を形成する（以下、「ソース電極114」および「ドレイン電極115」と表記する。）。ソース電極114およびドレイン電極115はそれぞれ2層構造を有し、ITO層102からなる導電層に参照符号113を付している。ITO層102は、2層構造の絵素電極の下層導電層として機能する。

【0301】次に、図50A(c)に示すように、 $SiNx$ などからなる絶縁層をCVD法にて約300nm堆積した後、パターニングして層間絶縁層107を形成する。パターニングの際には、後に形成する上層導電層103とITO層102とを電気的に接続するためのコンタクトホール107aを補助容量配線119上の層間絶縁層107に形成する。

【0302】次に、図50A(d)に示すように、この層間絶縁層107上に誘電体層となる感光性樹脂層103を形成し、感光性樹脂層103を露光および現像することによって、層間絶縁層107のコンタクトホール107a内にドレイン電極102を露出させる開口部103aを成形する。感光性樹脂層103は、例えば、ポジ型感光性樹脂(JSR社製のアクリル樹脂:比誘電率3.7)を用い、約1.5 $\mu m$ の厚さに形成される。なお、感光性樹脂層103を感光性の無い樹脂を用いて形成し、別途フォトリソグラフィ工程で非感光性樹脂層に開口部103aを形成してもよい。

【0303】次に、図50A(e)に示すように、層間絶縁層107および感光性樹脂層103を形成した基板101上に、上層導電層を構成する透明導電層(ITO)104をスパッタリング法により約100nmの厚さに形成する。

【0304】この後、透明導電層104に開口部104aを形成することによって、図48に示したTFT基板800aが得られる。開口部104aの形成は、例えば、以下の方法で実行できる。

【0305】透明導電層104上に、フォトリソグラフィ

(33)

63

料を塗布し、フォトリソグラフィプロセスで、所定のパターンのフォトレジスト層を形成する。このフォトレジスト層をマスクとしてエッチングすることによって開口部104aを形成する。その後、フォトレジスト層を剥離する。ここでは、透明導電層104の開口部104aとして、 $a=68\mu\text{m}$ 、 $b=59\mu\text{m}$ （図中の上側）と、 $a=68\mu\text{m}$ 、 $b=36\mu\text{m}$ （図中の下側）の2種類を長方形の開口部14aを形成する。

【0306】このようにして、ITO層からなる下層導電層102と、ITO層からなる上層導電層104と、これらの間にある層間絶縁層107および誘電体層103とから構成される2層構造の絵素電極を備えるTFT基板800aが得られる。

【0307】ここでは、上層導電層104と下層導電層102の間に挟まれた誘電体層は層間絶縁層107と感光性樹脂103との2層で形成されているが、その必要は無く、いずれか一方で形成してもよいし、さらに他の層を含んでもよい。上層導電層と下層導電層との間に設けられる誘電体層は、上層導電層の開口部104aのエッジ部に液晶分子を傾斜させる斜め電界を生じるように形成されればよく、材料の種類や厚さ、層数に制限は無い。光の利用効率が低下しないように、透明性の高い材料を用いることが好ましい。

【0308】図50Bを参照しながら、液晶表示装置800のTFT基板800aの他の製造方法を説明する。

【0309】図50B(a)に示すように、絶縁性透明基板101上に、必要に応じて、ベースコート膜として $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SiO}_2$ などからなる絶縁層（不図示）を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターニングすることによってゲート電極（ゲート配線も含む）108を形成する。ここでは、Ti/Al/Tiの積層膜を用いてゲート電極108を形成する。このとき、補助容量配線119を同じ材料を用いて同じ工程で形成してもよい。

【0310】次に、ゲート電極108を覆うように、基板101の表面のほぼ全面にゲート絶縁層110を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $\text{SiNx}$ 膜をP-CVD法により堆積し、ゲート絶縁層110を形成する。

【0311】ゲート絶縁層110上に、チャネル層111および電極コンタクト層112となるSi層を連続してCVD法で堆積する。チャネル層111には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層112には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $\text{HCl}+\text{SF}_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、チャネル層111および電極コンタクト層112を形成する。

【0312】その後、図50B(b)に示すように、A

64

1、Mo、Taなどからなる金属層7114、115を積層する。ここでは、Al/Tiの積層膜を用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース電極114およびドレイン電極115を形成する。次に、ソース電極114およびドレイン電極115をマスクにして、 $\text{HCl}+\text{SF}_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、電極コンタクト層112のギャップ部112gをエッチングする。

10 【0313】次に、図50B(c)に示すように、 $\text{SiNx}$ などからなる絶縁層をCVD法にて約300nm堆積した後、パターニングして層間絶縁層107を形成する。パターニングの際には、後に形成するITO層からなる下層導電層102とドレイン電極115とを電氣的に接続するためのコンタクトホール107aを補助容量配線119上の層間絶縁層107に形成する。

【0314】次に、図50B(d)に示すように、下層導電層を構成する透明導電層（ITO）102をスパッタリング法により約140nmの厚さに形成する。

20 【0315】次に、図50B(e)に示すように、このITO層からなる下層導電層102上に誘電体層となる感光性樹脂層103を形成し、感光性樹脂層103を露光および現像することによって、ITO層からなる下層導電層102を露出させる開口部103aを成形する。感光性樹脂層103は、例えば、ポジ型感光性樹脂（JSR社製のアクリル樹脂：比誘電率3.7）を用い、約1.5 $\mu\text{m}$ の厚さに形成される。なお、感光性樹脂層103を感光性の無い樹脂を用いて形成し、別途フォトレジストを用いるフォトリソグラフィ工程で非感光性樹脂層に開口部103aを形成してもよい。

30 【0316】次に、図50B(f)に示すように、感光性樹脂層103を形成した基板101上に、上層導電層を構成する透明導電層（ITO）104をスパッタリング法により約100nmの厚さに形成する。

【0317】この後、透明導電層104に開口部104aを形成することによって、図48に示したTFT基板800aが得られる。開口部104aの形成は、例えば、以下の方法で実行できる。

40 【0318】透明導電層104上に、フォトレジスト材料を塗布し、フォトリソグラフィプロセスで、所定のパターンのフォトレジスト層を形成する。このレジスト層をマスクとしてエッチングすることによって開口部104aを形成する。その後、フォトレジスト層を剥離する。

【0319】このようにして、ITO層からなる下層導電層102と、ITO層からなる上層導電層104と、これらの間にある層間絶縁層107および誘電体層103とから構成される2層構造の絵素電極を備えるTFT基板800aが得られる。

50 【0320】上層導電層と下層導電層との間に設けられ



る誘電体層は、上層導電層の開口部104aのエッジ部に液晶分子を傾斜させる斜め電界を生じるように形成されればよく、安定した放射状傾斜配向が得られるのであれば、材料の種類や厚さ、層数に制限は無い。光の利用効率が低下しないように、透明性の高い材料を用いることが好ましい。

【0321】一方、対向基板800bは、絶縁性透明基板121上にスパッタリング法を用いてITOからなる対向電極122を形成する。

【0322】上述のようにして得られたTFT基板800aおよび対向基板800bの内側表面に垂直配向処理を行う。例えば、JSR社製垂直配向性ポリイミドを用いて、垂直配向層を形成する。垂直配向層にラビング処理は行わない。

【0323】対向基板800bの内側表面に、例えば、直径3 $\mu$ mの球状プラスチックビーズを散布し、公知のシール剤を用いて、対向基板800bとTFT基板800aとを貼り合わせる。その後、例えば、メルク社製の負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料( $\Delta n=0.0996$ )にカイラル剤を添加した材料を注入する。このようにして、液晶パネルが得られる。なお、液晶表示装置を構成する構造単位のうち、一対の基板（ここでは、TFT基板800aと対向基板800b）と、これらの間に挟持された液晶層とを有する構造単位を「液晶パネル」と称する。

【0324】得られた液晶パネルのTFT基板800aの外側に偏光板50aを、対向基板800bの外側に偏光板50bを配置する。偏光板50aと偏光板50bの透過軸は互いに直交するように配置する(図41(b)参照)。また、偏光板50aおよび偏光板50bの透過軸が、それぞれ液晶パネルのゲート配線の延設方向に対して45度になるように配置する。

【0325】このようにして得られる液晶表示装置は、電圧無印加時(しきい値電圧未満の電圧を印加している時を含む)、良好な黒表示を実現する。

【0326】また、この液晶表示装置800の液晶層に電圧(しきい値電圧以上の電圧)を印加したときの絵素領域の様子を模式的に図51に示す。図51は隣接する2つの絵素領域を示している。

【0327】図51に示したように、開口部104a毎に、開口部104aの中央を中心とする消光模様(暗部)が見られる。消光模様の中心(曲線の交差部)では液晶分子が垂直配向状態にあり、中心の周りの液晶分子は、垂直配向状態の液晶分子を中心に放射状傾斜配向している。これは、開口部104aを有する2層構造の絵素電極によって斜め電界が生成されたためである。なお、電圧印加状態において略クロス状に暗部が観察されるのは、先に説明したように、液晶層に入射した直線偏光の偏光方向と平行または直交する方向(すなわち、偏光板50aの透過軸と平行または直交する方向)に液晶

分子が配向している領域を通過した直線偏光は、液晶層によって位相差を与えず、偏光状態を維持したまま液晶層を通過するので、偏光板50bによって吸収され、表示に寄与しないからである。この例では、カイラル剤が添加された液晶材料を用いているので、液晶層は渦巻き状の放射状傾斜配向となっており、その結果、互いに直交する偏光板の吸収軸からずれた位置で消光が観察されている。

【0328】また、電圧印加状態で、白く(明るく)観察される領域は、液晶層に入射した直線偏光が液晶層によって位相差を与えられた領域であり、白さ(明るさ)の程度は、液晶層によって与えられる位相差の大きさに依存する。従って、液晶層に印加する電圧の大きさを制御することによって液晶層の配向状態を変化させ、そ液晶層が与える位相差の大きさを調整すれば、階調表示が実現できる。

【0329】透過軸が互いに直交する一対の偏光板50aおよび50bの配置は上記の例に限られず、ゲート配線と平行または直交するように配置してもよい。本発明による液晶表示装置の液晶層は、電圧印加時に放射状傾斜配向状態となる垂直配向型液晶層なので、偏光板の透過軸の方向は、任意の方向に設定され得る。液晶表示装置の用途に応じて、視角特性等を考慮して適宜設定される。特に、ゲート配線(又はソース配線)と平行または直交する方向に偏光板の透過軸を設定することによって、表示面の上下方向および左右方向の視野角特性を向上することができる。これは、偏光板の偏光選択性は、透過軸に平行または直交する方向において最も高く、透過軸から45°において最も低くなるからである。さらに、ゲート配線と平行または直交する方向に偏光板の透過軸を設定すると、ゲート配線からの斜め電界によって、ゲート配線の近傍に存在する液晶分子が、ゲート配線の延設方向に直交する方向に傾斜しても、光漏れは発生しないという利点がある。

【0330】また、 $\lambda/4$ 板を用いることによって液晶層に円偏光を入射させる構成とすると、偏光板の透過軸にほぼ沿って観察される消光模様を無くすことができ、光の利用効率を向上することができる。さらに、 $\lambda/2$ 板や視角補償板を設けることによって、黒表示の色づきの発生を抑制し、高品位の表示を実現できる液晶表示装置を得ることができる。

【0331】本実施例の液晶表示装置800は、垂直配向型のノーマリブラックモードの液晶表示であり、高コントラスト比の表示が可能であり、且つ、放射状傾斜配向した液晶層を利用しているので、あらゆる方位において広視野角特性を有している。さらに、放射状傾斜配向の形成には、開口部を有する2層構造電極によって形成する斜め電界を用いているので、制御性が良く、良好な放射状傾斜配向を実現することができる。

【0332】勿論、絵素電極の構造は、例示した構造に



(35)

67

限られず、先の実施形態で説明した種々の構造の2層構造を採用することができる。さらに、上層導電層および/または下層導電層を形成する材料を変更することによって、反射型液晶表示装置や透過反射両用型液晶表示装置を得ることができる。

【0333】(実施例2) 実施例2の透過型液晶表示装置の絵素電極は、実施例1の液晶表示装置800に比べ、比較的小さい開口部を多数有し、開口部が絵素電極(上層導電層)の全体に亘って形成されている。開口部および中実部の形状や配置は、一例に過ぎず、実施形態1で例示した種々のパターンを用いることができる。表示輝度の観点からは、図19(b)に示したパターンが好ましい。また、開口部および中実部の面積比率は、図22を参照しながら説明した指針に従って最適化される。

【0334】実施例2の液晶表示装置の構造および動作を説明する前に、実施例1の液晶表示装置800が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0335】まず、液晶表示装置800の上層導電層104が有する開口部104a(特に大きい方、図49中の上側の開口部： $a=68\mu\text{m}$ 、 $b=59\mu\text{m}$ )は、サイズが比較的大きいので、液晶層30に電圧を印加してから、開口部104a内に位置する液晶層30が安定した放射状傾斜配向をとるまでの時間が長い。従って、用途によっては、応答速度が遅いという問題が生じる。

【0336】また、図49中の下側の開口部104aの下側エッジ部とゲート配線108との間の領域(ソース線に平行な方向の幅が約 $25\mu\text{m}$ )のように、開口部104aのエッジ部からの距離が長い領域の液晶層30は、安定な放射状傾斜配向をとるまでに比較的長い時間がかかる。また、開口部104aのエッジ部から離れた上層導電層104のエッジ部(例えば、図49中の右下付近)に位置する液晶層30は、開口部104aによって生成される斜め電界と、ソース配線114(113)に印加されている信号電圧によって生成される電界との影響を受けるので、液晶分子30aの傾斜方向が画素ごとに安定しないことがある。その結果、表示にざらつきが見られることがある。

【0337】図52および図53を参照しながら、実施例2の液晶表示装置900の構造と動作とを説明する。液晶表示装置900の断面図を図52に、平面図を図53にそれぞれ示す。図52は、図53中の52A-52A'線に沿った断面図である。以下の説明では、液晶表示装置900の構成要素のうち実施例1の液晶表示装置800の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。液晶表示装置900は液晶表示装置800と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0338】図52に示したように、液晶表示装置90

68

0の上層導電層104は、比較的に多数の、比較的小さい開口部104aを有している。ここでは、絵素電極105毎(上層導電層104毎)に、23個の円形の開口部104aを形成している。開口部104aの直径は $20\mu\text{m}$ として、行方向または列方向(ゲート配線またはソース配線に平行な方向)に隣接する開口部104a間の間隔は、それぞれ $4\mu\text{m}$ で一定としている。開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個( $2\times 2$ )の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。また、開口部104aのうちの最も外側(上層導電層104のエッジに近い)開口部104aのエッジと、上層導電層104のエッジとの距離は約 $5\mu\text{m}$ としている。

【0339】液晶表示装置900の上層導電層104が有する開口部104aの直径は $20\mu\text{m}$ と比較的小さいので、電圧印加によって、開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個( $2\times 2$ )の開口部104aが回転対称性を有するように配置されているので、開口部104aの間に位置する液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、隣接する開口部104a間の距離は $4\mu\text{m}$ と比較的短いので、開口部104a間に位置する液晶層30も速やかに配向変化する。また、上層導電層104のエッジ部の近く(約 $5\mu\text{m}$ )にも開口部104aを配置することによって、上層導電層104のエッジ部近傍において、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を狭くすることができる。

【0340】本実施例の液晶表示装置900は、液晶表示装置800に比べ、応答速度が速く、且つ表示のざらつきは見られないことを実際に確認した。

【0341】上述したように、絵素電極105毎に複数の開口部104aを設ける構成を採用すると、開口部104aのサイズや配置を最適化することが可能となり、応答速度や放射状傾斜配向の安定性(再現性を含む)が向上した液晶表示装置を得ることができる。

【0342】上述した実施例1および2の透過型液晶表示装置800および900において、上層導電層104の開口部104a上に位置する液晶層30に印加される電圧は、感光性樹脂層103による電圧降下の影響を受ける。従って、開口部104a上に位置する液晶層30に印加される電圧が、上層導電層104(開口部104aを除く領域)上に位置する液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。従って、上層導電層104と下層導電層102とに同じ電圧(信号電圧)を印加すると、電圧-透過率特性が、絵素領域内の場所によって異なり、開口部104a上に位置する液晶層30の透過率が相対的に低くなる。液晶表示装置800および900は、ノーマリブラックモードで表示を行うので、黒レベルが浮

(36)

69

く（電圧無印加時の透過率が上昇する）ことは無いが、十分な白レベル（実際使う上で一番明るい表示状態）を実現するためには、通常よりも高い電圧を液晶層に印加する必要がある。

【0343】開口部104a内に位置する液晶層30に印加される電圧の、感光性樹脂層103による電圧降下を抑制するためには、図34および図35を参照しながら説明したように、開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成すればよい。実施例1および2では感光性樹脂を用いているので、公知のフォトリソグラフィプロセスで凹部または穴を形成することができる。

【0344】開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成すれば、開口部104a内に位置する液晶層30に印加される電圧の感光性樹脂層103による電圧降下を低減できるとともに、感光性樹脂層103による透過率の低下を低減し、光の利用効率を向上することができる。また、開口部103a内の感光性樹脂層103の厚さを薄くすると、開口部104a以外の上層導電層104上の液晶層30の厚さに比べて、開口部104a上の液晶層30厚さが厚くなり、すなわち、リタデーションが大きくなるので、透過率（光利用効率）が向上する。

【0345】（実施例3）実施例3の透過反射両用型液晶表示装置1000の断面図を図54に、平面図を図55にそれぞれ示す。図54は、図55中の54A-54A'線に沿った断面図である。以下の説明では、液晶表示装置1000の構成要素のうち実施例1の液晶表示装置800の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。

【0346】液晶表示装置1000は、TFT基板1000aと、対向基板800bと、これらの間に配設された垂直配向液晶層30とを有している。マトリクス状に配列された絵素領域のそれぞれは、絵素電極105と対向電極122とに印加される電圧によって駆動される。絵素電極105はTFT118を介してソース配線114に接続されている。TFT118はゲート配線108から与えられる走査信号によってそのスイッチングが制御される。走査信号によってON状態とされたTFT118に接続されている絵素電極105に信号電圧が印加される。

【0347】絵素電極105は、透明電極として機能する透明下層導電層102Tと、反射電極として機能する反射上層導電層104Rと、これらの間に設けられた誘電体層（層間絶縁層107および感光性樹脂層103）とを有している。透明下層導電層102Tと反射上層導電層104Rとは、コンタクトホール107aにおいて互いに電氣的に接続されている。反射上層導電層104Rは、開口部104aを有しており、電圧印加時にはそのエッジ部に斜め電界を発生する。感光性樹脂層103

70

は開口部104aに対応するように形成された開口部103aを有している。開口部103a内に透明下層導電層102Tが露出されている。絵素領域ごとに8つの開口部104aおよび開口部103aが形成されている。

【0348】液晶表示装置1000は以下の様にして製造することができる。液晶表示装置800の製造方法と同様の工程の説明を省略する。

【0349】TFT基板1000aは、感光性樹脂層103の塗布工程までは、TFT基板800aと同様の工程で形成することができる（図50A(a)～(c)参照）。

【0350】次に、図56(a)に示すように、層間絶縁層107上に感光性樹脂を塗布する。例えば、感光性樹脂としてポジ型の感光性樹脂（JSR社製のアクリル樹脂）を用い、約 $3.7\mu\text{m}$ 程度の厚みに塗布する。なお、この厚さは、ポストバーク工程完了後に約 $3\mu\text{m}$ の厚さとなるよう設定されている。

【0351】この露光工程において、感光性樹脂層103の表面に複数の滑らかな凹凸部を形成するための所定のパターンを有するフォトマスク（例えば図40参照）を用いて、感光性樹脂103を露光（例えば、露光量約 $50\text{mJ}$ ）する。

【0352】露光された感光性樹脂層103を現像することによって、コンタクトホール107a、開口部103aおよび表面の凹凸（不図示）が形成される。また、必要に応じて熱処理を行なうことによって、感光性樹脂層103の表面に形成される凹凸を滑らかにすることができる。

【0353】次に、図56(b)に示すように、基板101のほぼ全面に、上層導電層となるMo層104R1およびAl層104R2をスパッタリング法によって、それぞれ約 $100\text{nm}$ の厚さにこの順で形成する。

【0354】この後、Al層104R2/Mo層104R1からなる反射上層導電層104Rをフォトリソグラフィ工程を用いて所定のパターンに加工することによって、開口部104aを形成する。開口部104aは、実施例1について説明した方法で実施することができる。

【0355】また、ここでは、上層導電層104と下層導電層113の間に挟まれた誘電体層は層間絶縁層107と感光性樹脂103の2層で形成されているが、どちらか1層で形成しても構わないし、2層以上の多層で形成しても構わないのは、実施例1と同じである。

【0356】次に、上述のようにして得られたTFT基板800aおよび常法に従って作製された対向基板800bの内側表面に垂直配向処理を行う。例えば、JSR社製垂直配向性ポリイミドを用いて、垂直配向層を形成する。垂直配向層にラビング処理は行わない。

【0357】対向基板800bの内側表面に、例えば、直径 $3.0\mu\text{m}$ の球状プラスチックビーズを散布し、公知のシール剤を用いて、対向基板800bとTFT基板

(37)

71

1000aとを貼り合わせる。その後、例えば、メルク社製の負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料( $\Delta n=0.0649$ )を注入する。このようにして、液晶パネルが得られる。

【0358】得られた液晶パネルの反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30の厚さは、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ となり、透過領域（開口部104aに対応する領域）では、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ とポストバーク後の感光性樹脂層103の厚さ約 $3\mu\text{m}$ とを足した約 $6\mu\text{m}$ になる。このように、感光性樹脂層103の厚さを調整することによって、表示に用いられる光に対するリタデーション（液晶厚さ $d \times$ 複屈折率 $\Delta n$ ）が透過領域と反射領域とでほぼ一致させることが可能となり、光の利用効率が向上する。

【0359】得られた液晶パネルに、図43(a)および(b)に示したように、一対の偏光板50aおよび50bと、一対の $\lambda/4$ 板60aおよび60bを配置する。透過モードによる表示動作は先に説明したので、ここでは、液晶表示装置1000の反射領域における反射モードによる表示動作を説明する。

【0360】まず、電圧無印加時の表示動作を説明する。対向基板800b側から対向基板800bに垂直に、反射領域に入射する光は、偏光板50bを通り直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bによって円偏光に変換された後、液晶層30に入射する。液晶層30を通過して反射上層導電層104Rに到達した円偏光は、反射上層導電層104Rの表面で反射され、逆回りの円偏光となり、再び液晶層30を通過し、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。この円偏光は $\lambda/4$ 板60bによって、 $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1に対して45度方向の偏光方向を有する直線偏光となり、偏光板50bに入射する。偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bを通過した直線偏光の偏光軸は直交しているため、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。従って、液晶表示装置1000の反射領域は、透過領域と同様に、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0361】次に、電圧印加状態の表示動作を説明する。

【0362】電圧印加状態において放射状傾斜配向状態にある液晶層30の内、基板表面に対して垂直配向している液晶分子30aは円偏光に位相差を与えないので、この領域は黒表示状態となる。液晶層30のその他の領域（垂直配向領域以外の領域）に入射した円偏光は、液晶層30を2回通過する間に液晶層30によって位相差が与えられ、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bに入射する光の偏光状態は円偏光状態からずれているので、 $\lambda/4$ 板60bを通過した光の一部は偏光板50bを透過する。この透過する偏光の量は、液晶層30によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層30に印加する電圧を制御することによって調整

72

され得る。従って、液晶層30に印加する電圧を制御することによって、反射領域においても階調表示が可能となる。

【0363】偏光板や位相差板の配置は上記の例に限られず、図41～図47を参照しながら説明したように、 $\lambda/2$ 板や視角補償板などをさらに設けてもよい。

【0364】本発明による液晶表示装置を用いて両用型液晶表示装置を構成する場合、開口部104aの形状、大きさ、数や配置は、放射状傾斜配向を得るためだけでなく、所望する表示特性（透過領域と反射領域との面積比）によっても制限される。

【0365】例えば、反射光を利用することを重視するような両用型液晶表示装置では、開口部104a以外の反射上層導電層104Rが占める面積比を大きくする必要がある。十分な大きさの開口部104aを十分な個数形成できない場合、反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30を安定に放射状傾斜配向させることが難しくなる。すなわち、電圧印加時における液晶分子30aの分子軸の傾斜方向の方位角が安定しない（基板法線方向から見た液晶分子30aの基板面内における配向方向が放射状にならず、場所によって異なる）。従って、液晶分子30aの分子軸の基板面内の配向状態が絵素領域によって異なることが多くなる。

【0366】ここで、図57を参照しながら、液晶表示装置1000の反射領域内の液晶層30に電圧印加した時の表示動作を説明する。図57は、液晶分子30aの傾斜方向（方位角）が180度異なっている領域を模式的に示している。

【0367】図57中に示したように、傾斜方向が異なる左右2つの液晶分子30aに入射した光が、反射上層導電層104Rで反射され、観察者側に出射されるまでに、液晶分子30aから与えられる位相差は同じである。このことから理解できるように、反射モードで表示を行う反射領域の液晶層における配向方向の方位角方向のばらつきは、透過モードの場合のように表示のざらつきとして視認されにくい。

（実施例4）実施例4の透過反射両用型液晶表示装置1100の断面図を図58に示す。両用型液晶表示装置1100の平面図は、図55と実質的に同じなので省略する。図58は、図55中の54A-54A'線に沿った断面図に相当する。

【0368】以下の説明では、液晶表示装置1100の構成要素のうち実施例3の液晶表示装置1000の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。液晶表示装置1100は液晶表示装置1000と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0369】液晶表示装置1100は、感光性樹脂層103が凹部103bを有する点において、実施例3の両用型液晶表示装置1000と異なる。感光性樹脂層10

(38)

73

3の凹部103bは、例えば、以下の様にして形成することができる。

【0370】図56を参照しながら説明した液晶表示装置1000の製造工程において、 $3.7\mu\text{m}$ 程度の厚さ（ポストバーク後の厚さ約 $3\mu\text{m}$ ）に塗布されたポジ型の感光性樹脂（JSR社製アクリル樹脂）を、開口部104a内（透過領域）の感光性樹脂103の一部（例えば、厚さ約 $1\mu\text{m}$ ）を残すように露光（例えば、露光量約 $100\text{mJ}$ ）すればよい。後の現像工程を経ることによって、所定の深さ（ここでは、約 $2\mu\text{m}$ ）の凹部103bが形成される。

【0371】以下、実施例3の液晶表示装置1000と同様にして、液晶表示装置1100の液晶パネルが得られる。ここでは、セルギャップの設定や液晶材料を実施例3と同じにする。

【0372】得られた液晶パネルの反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30の厚さは、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ となり、透過領域（開口部104aに対応する領域）では、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ とポストバーク後の感光性樹脂層103の厚さ約 $3\mu\text{m}$ とを足し、それから開口部104a内の感光性樹脂層103の残膜量約 $1\mu\text{m}$ を引いた約 $5\mu\text{m}$ となる。このように、感光性樹脂層103の厚さを調整することによって、表示に用いられる光に対するリタデーション（液晶厚さ $d \times$ 複屈折率 $\Delta n$ ）が透過領域と反射領域とでほぼ一致させることが可能となり、光の利用効率が向上する。

【0373】次に、図59（a）および（b）を参照しながら、実施例3の液晶表示装置1000における感光性樹脂層103の開口部103aおよび実施例4の液晶表示装置1100における感光性樹脂層103の凹部103bのエッジ部の構造を説明する。

【0374】図59（a）に示したように、感光性樹脂層103の開口部103aのエッジ部では、感光性樹脂が存在する領域から存在しない領域へ、連続した膜厚変化をしながら徐々に変化している。すなわち、開口部103aの側面はテーパ状になっている。開口部103aの側面がテーパ状となるのは、感光性樹脂の感光特性および現像特性による。

【0375】実施例3における開口部103aのエッジ部では、図59（a）に示したように、テーパ角 $\theta$ が約45度のテーパ状側面が形成される。このテーパ状側面に垂直配向層（不図示）を形成すると、液晶分子30aはテーパ状側面に対して垂直に配向しようとする。従って、テーパ状側面上の液晶分子30aは、図示したように、電圧無印加時においても、基板の表面に垂直な方向（基板法線）から傾いた状態となっている。テーパ角が大きいと、テーパ状側面上の液晶分子30aは、電圧印加時に生成される斜め電界による傾斜方向とは逆方向に傾斜していることとなり、放射状傾斜配向が乱れる原因

74

となる。

【0376】一方、実施例4における凹部103bでは、図59（b）に示したように、開口部104a内の感光性樹脂層103の一部を残すことで、テーパ状側面のテーパ角 $\theta$ を小さくできるとともに、開口部104a内の液晶層30と下層導電層102Tの間に感光性樹脂103が存在するため、電圧印加時において液晶層30に斜め電界が有効に作用し、安定した放射状傾斜配向が得られる。その結果、ざらつきのない良好な表示品位を有する液晶表示装置が得られる。

【0377】（実施例5）実施例5の透過型液晶表示装置の絵素電極は、実施例2の透過型液晶表示装置900と異なり、開口部が絵素電極（上層導電層）のエッジ部にも形成されている。実施例5の液晶表示装置は、上層導電層104が有する開口部の配置が異なる以外は、実施例2の液晶表示装置と実質的に同じ構成を有するので、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0378】実施例5の液晶表示装置の構造および動作を説明する前に、実施例2の液晶表示装置900が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0379】図60に実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104の一部を模式的に示す。上層導電層104は、比較的多数の、比較的小さな開口部104aを有しているとともに、開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（ $2 \times 2$ ）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。

【0380】液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する円形の開口部104a内（領域A）に位置する液晶層30は、速やかに、開口部104aの中心SAを中心とする安定な放射状傾斜配向をとる。また、図60の領域Bに示すような、格子点に位置する4個（ $2 \times 2$ ）の開口部104aに囲まれる領域の液晶層30は、電圧の印加によって、格子点に囲まれる正方形の対角線の交点SAを中心とする安定な放射状傾斜配向をとる。

【0381】しかしながら、図60の領域Cに示すような、開口部104aのうちの最も外側（上層導電層104のエッジに近い）開口部104aと上層導電層104のエッジの間に位置する液晶層30は、図60の領域Bに示す4個の格子点に囲まれる領域に比べて、上層導電層104のエッジ部に生成される斜め電界と、開口部104aのエッジ部に生成される斜め電界の対称性が低い（電界の方向および強度の分布の対称性）ため、安定した配向状態が得られない。その結果、表示のざらつきや、残像などが視認され、表示品位が低下することがある。

【0382】上記の欠点は、実施例2の液晶表示装置900のように上層導電層104のエッジの近く（約 $5\mu$

(39)

75

m)に開口部104aを配置し、上層導電層104のエッジ部近傍の、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域(領域C)を狭くすることによって、ある程度解決できるが、その領域を表示領域として利用する限り、表示品位に対して何らかの悪影響を与える。

【0383】また、上層導電層104のエッジに余りにも近づけて開口部104aを形成すると、上層導電層104のエッジ部の斜め電界の影響により、開口部104a内の液晶層30が安定した放射状傾斜配向をとれなくなる。従って、上層導電層104のエッジの近傍の液晶分子の傾斜方向が安定しない領域(領域C)を狭くすることにも限界がある。ここで、図60の領域Cに示す、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を遮光するもの1つの解決策であるが、開口率の低下を伴うので好ましくない。

【0384】これに対し、実施例5の液晶表示装置の上層導電層104は、図61、図62および図63に模式的に示したように、上層導電層104のエッジ(辺および角)に開口部104a'を有する。以下に、これらの図を参照しながら、実施例5の上層導電層104の構造と、液晶層30に電圧を印加した時の液晶分子の動作とを説明する。なお、上層導電層104のエッジは、上層導電層104の外延(最も外側の辺を直線で結んで得られる形状)で規定され、図61、図62および図63では、実線で示している。

【0385】図61、図62および図63に示したように、実施例5の液晶表示装置の上層導電層104は、そのエッジに開口部104a'を有している。エッジ以外に設けられた開口部104aのそれぞれは、好ましくは回転対称性を有する形状(ここでは、円形)を有し、それぞれの大きさは互いに等しい。また、複数の開口部104aの中心(回転対称軸の位置)は、回転対称性を有するように(典型的には、図示したように正方格子状に)配置されている。また、エッジに形成された開口部104a'は、開口部104aの中心を上層導電層104のエッジに配置したものに相当し、開口部104aと異なり、回転対称性を有する形状とはならず、その一部が欠けた形状を有する。例えば、開口部104aが円形の場合、中心が上層導電層104の辺に位置する開口部104a'の形状は、図61に示したように半円となる。また、中心が上層導電層104の角(角度:90°)に位置する開口部104a'の形状は、図62に示したように、4分の1円となる。さらに、上層導電層104が矩形の一部を切り欠いた形状を有する場合、切り欠き部の角(角度:270°)に位置する開口部104a'は、図63に示したように、4分の3円となる。

【0386】このように、上層導電層104のエッジに設けられた開口部104a'の形状は、回転対称性を有する形状の一部が欠落した形状なので、正方格子の4つの格子点上に中心を有する4つの開口部104aのうち

76

の少なくとも1つが、エッジに設けられた開口部104a'を含むと、これらの配置は回転対称性を有しないことになる。しかしながら、開口部104aおよび開口部104a'の中心が形成する正方格子(正方形)に注目すると、それぞれの正方形の角部は、4つの開口部104aおよび開口部104a'のそれぞれの4分の1円で占められており、これら4つの開口部104aおよび開口部104a'の4分の1円は、回転対称性を有するように配置されている。

【0387】ここで、それぞれの正方形の角部に位置する、開口部104aおよび開口部104a'の4分の1円の部分(これを「サブ開口部」と呼ぶことにする。)を基準に考えると、上層導電層104のエッジで規定される領域の全てが、サブ開口部によって規定される、互いに等価な多数の正方形の領域に分割されていることになる。また、互いに隣接する4つのサブ開口部は、1つの回転対称性を有する形状(ここでは円形)の開口部104aを形成する。なお、上層導電層104の辺を含む正方形の領域を規定するサブ開口部には、隣接する3つのサブ開口部が存在しないので、回転対称性を有する形状(円形)の一部が欠けた形状の開口部(3/4円、半円または1/4円)104a'を形成する。

【0388】すなわち、上述したように開口部104aおよび104a'を配置すると、上層導電層104のエッジで規定される領域(典型的には、画素に対応する)のうち、エッジに位置する開口部104a'に対応する領域は対称性の低い形状となるが、その他の領域は、回転対称性を有する領域(正方形の領域と円形の開口部104a)の集合体となる。

【0389】従って、上述したように配置された開口部104aおよび104a'を有する上層導電層104を備えた液晶表示装置の液晶層30に電圧を印加すると、開口部104a内の領域Aおよび開口部104aで包囲される領域Bだけでなく、開口部104aと開口部104a'で包囲される領域C(上層導電層104の辺を含む(角を含まない)領域)および領域D(上層導電層104の角を含む領域)の液晶層30が放射状傾斜配向をとる。その結果、本実施例5の液晶表示装置において、電圧印加時に放射状傾斜配向をとる領域の面積は、実施例2の液晶表示装置900においてよりも広くなり、ざらつきや残像等の無い、高品位の表示を実現できる。

【0390】なお、図61、図62および図63においては、上層導電層104のエッジに形成した開口部104a'の形状は、開口部104aの4分の3、2分の1もしくは4分の1としたが、画素ピッチおよび上層導電層104の大きさによっては、図示したように開口部104a'を配置できるとは限らない。このような場合、電圧印加時に上層導電層104のエッジ部の液晶層30が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、上層導電層104のエッジに形成した開口部104a'の形状は、



開口部104aの4分の3、2分の1もしくは4分の1でなくても構わないし、開口部104a'の中心を回転対称を有する位置からずらして配置しても構わない。

【0391】更に、上層導電層104の辺および角の全てに開口部104a'を形成しなくてもよい。特に、光を透過しないバス配線（信号配線や走査配線）などの構成要素上に位置する上層導電層104の辺および角には、開口部104a'を形成しなくても、実施例2の液晶表示装置900の表示品位を大幅に向上することができる。

【0392】また、実施例1および2の透過型液晶表示装置と同様に、開口部104a内に位置する液晶層30に印加される電圧の、感光性樹脂層103による電圧降下を抑制するために、図34および図35を参照しながら説明したように、一部の開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成しても良い。

【0393】本実施例では、透過型液晶表示装置を例示したが、上述した開口部104aおよび104a'の配置は、勿論、透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。この場合、実施例3および4の透過反射両用型液晶表示装置と同様に、感光性樹脂層103による電圧降下を抑制するために、一部の開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成しても良い。

【0394】（実施例6）実施例6の透過型液晶表示装置の絵素電極（上層導電層）は、実施例5とは異なる配置の開口部104aを有し、上層導電層のエッジ部の液晶層30の放射状傾斜配向を安定化している。実施例6の液晶表示装置は、上層導電層104が有する開口部の配置が異なる以外は、実施例2および実施例5の液晶表示装置と実質的に同じ構成を有するので、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0395】図64に実施例6の液晶表示装置の上層導電層104の一部を示す。図64を参照しながら、実施例6の上層導電層104の構造と液晶層30に電圧印加時の液晶分子の動作とを説明する。図64に示したように、上層導電層104が有する開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。さらに、これらの開口部104aは、この開口部104aのうち、上層導電層104のエッジに最も近い開口部104aが、上層導電層104の外側に設けられた仮想開口部104a'（実際には存在しない）と正方格子を形成し、且つ、その仮想開口部104a'のエッジが上層導電層104のエッジに重なるように、配列されている。

【0396】すなわち、上層導電層104の外側の導電層が形成されていない領域を開口部と見なしたときに、上層導電層104に形成されている開口部104aとともに回転対称性を有する相対配置（ここでは正方格子）

を構成するように、開口部104aが配列されている。実施例5における開口部（104aと104a'を含む）の配置との違いは、上層導電層104に形成される開口部の全てが同じ形状（好ましくは回転対称性を有する形状（ここでは円形））を有している点である。

【0397】この上層導電層104を有する液晶表示装置の液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する開口部104a内（領域A）に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されているので、開口部104aの間（領域B）に位置する液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、上層導電層104のエッジ部近傍の領域C（上層導電層104の辺を含む領域）では、格子点に位置する3個の開口部104aと、それに対応した格子点に位置し、上層導電層104のエッジとそのエッジが重なる仮想開口部104a'（導電層の無い領域）により、液晶層30は安定な放射状傾斜配向をとる。また、上層導電層104の角を含む領域Dでは、上層導電層104の角に最も近い位置にある2個の開口部104aと、それに対応した格子点に位置し、上層導電層104のエッジとそのエッジが重なる2個の仮想開口部104a'（導電層の無い領域）により、液晶層30は安定な放射状傾斜配向をとる。

【0398】なお、図64においては、上層導電層104の辺に、格子点に位置する仮想開口部104a'のエッジが重なるように、開口部104aを形成しているが、画素ピッチおよび上層導電層104の大きさによっては、図示したように開口部104aを配置できるとは限らない。このような場合、電圧印加時に上層導電層104のエッジ部の液晶層30が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、仮想開口部104a'のエッジが上層導電層104のエッジからずれた位置で正方格子を形成するように開口部104aを形成してもよい。

【0399】図65に、図64とは別の配置例を示す。図65に示した上層導電層104は、図64の上層導電層104と同様に、格子点に位置する仮想開口部104a'が上層導電層104のエッジと重なるように形成されている。しかしながら、図64において、上層導電層104のエッジに最も近い開口部104aが他の開口部104aと同様に回転対称性を有する形状を有していたのに対し、図65においては、上層導電層104のエッジに最も近い開口部104aは、他の開口部104aの一部が欠落した形状を有している。なお、開口部104aの一部が欠落した形状を有するこの開口部104aは、実施例5の上層導電層104が有する開口部104a'（例えば図61参照）と異なり、その中心は上層導電層104のエッジよりも内側に位置している。

【0400】図65に示したように開口部104aおよ



(41)

79

び104a'を配置しても、図64を参照しながら上述したのと同様に、電圧印加時に、上層導電層104のエッジ部(領域Cおよび領域D)の液晶層30は安定した放射状傾斜配向をとる。また、上述したのと同様に、電圧印加時に上層導電層104のエッジ部の液晶層30が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、仮想開口部104a'のエッジが上層導電層104のエッジからずれた位置で正方格子を形成するように開口部104aを形成してもよい。

【0401】(実施例7) 実施例7の透過型液晶表示装置1200は、実施例2の透過型液晶表示装置900と異なり、上層導電層103と下層導電層102とを電気的に接続するためのコンタクトホール117aが、複数の開口部104aの配列が形成する正方格子の格子点に形成されている。

【0402】実施例7の液晶表示装置1200の構造および動作を説明する前に、実施例2の液晶表示装置900が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0403】図53に示したように、実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104は、比較的多数の比較的小さな開口部104aが、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個(2×2)の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。従って、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、格子点に位置する4個(2×2)の開口部104aに囲まれる領域では、液晶層30に電圧を印加すると、格子点に囲まれる正方形の対角線の交点に中心を持つ、安定な放射状傾斜配向が得られる。

【0404】しかしながら、コンタクトホール107aと重なるように開口部104aを形成すると、その部分では下層導電層102と上層導電層104との電気的接続を行うことが出来ないため、コンタクトホール107aの周辺部の上層導電層104には、開口部104aを正方格子状に配列することが困難である。従って、コンタクトホール107aの周辺では、斜め電界の対称性(電界の方向および強度の分布の対称性)が低いため、安定した配向状態が得られない。その結果、表示のざらつきや残像などが視認され、表示品位が低下することがある。

【0405】この欠点は、実施例2のように補助容量配線119等のバックライト光が遮光される領域上にコンタクトホール107aを形成することで、コンタクトホール107aの周辺において、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域をほとんど見えなくすることによって、ある程度解決できるが、その領域が光透過部に一部でも存在する限り、表示品位に対して何らかの悪影響を与える。ここで、図53のコンタクトホール107a周辺の

80

液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を完全に遮光するのも1つの解決策であるが、開口率の低下を伴うの好ましくない。

【0406】これに対し、実施例7の液晶表示装置1200は、図66および図67に示すように、開口部104aが絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されているとともに、コンタクトホール117aがその正方格子の格子点の位置に形成されている。これらの図を参照しながら、実施例7の液晶表示装置1200の構造と動作とを説明する。なお、以下の説明では、液晶表示装置1200の構成要素のうち、実施例2の液晶表示装置900の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。また、液晶表示装置1200は液晶表示装置900と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0407】図66および図67に示したように、開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されているとともに、コンタクトホール117aが格子点の位置に形成されている。また、補助容量配線119上のバックライト光が透過しない領域にも、上層導電層104の開口部104aが格子点に形成されている。従って、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。コンタクトホール117a上に位置する液晶層30も速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。これは、コンタクトホール117aが、図58に示した実施例4の透過反射両用型液晶表示装置1100において感光性樹脂層103に形成された凹部103bと同様に機能するからである。

【0408】また、開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個(2×2)の開口部104aが回転対称性を有するように配置されているので、開口部104aの間に位置する液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、コンタクトホール117aと開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個(2×2)の開口部104aとコンタクトホール117aとが回転対称性を有するように配置されているので、コンタクトホール117aと開口部104aとの間に位置する、コンタクトホール117aの近傍の液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。

【0409】上述したように、実施例7の液晶表示装置1200では、実施例2の液晶表示装置900で見られたコンタクトホール107aの周辺での液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を無くすることができ、表示のざらつき、残像などが視認されない、良好な表示品位の液晶表示装置が得られる。

【0410】ここで、図66に示したように、コンタクトホール117aが開口部104aとなるべく同じように液晶分子に作用するように、コンタクトホール117aの大きさは開口部104aの大きさと同じであること

(42)

81

が好ましい。特に、コンタクトホール117aが開口部104aと同じ大きさで同じ形状を有していると、コンタクトホール117aの周辺部の配向安定性が特に優れた液晶表示装置が得られる。但し、画素ピッチや、構造上の制約から、コンタクトホール117aと開口部104aとを同じ大きさおよび同じ形状で形成することが困難な場合でも、コンタクトホール117aと開口部104aとを回転対称性を有するように（典型的には例示した正方格子状）に配列することによって、コンタクトホール117aの周辺の液晶層の配向を十分に安定化できる。

【0411】勿論、本実施例で例示した構成は、透過反射両用型液晶表示装置に適用することも可能であり、また、先の実施例と適宜組み合わせることができる。

【0412】本発明による液晶表示装置のいくつかの実施例を説明したが、本発明の実施形態1から5の液晶表示装置を同様に実施できる。

【0413】

【発明の効果】本発明によると、開口部を有する上層導電層と、誘電体層と、下層導電層とを備える2層構造電極によって、上層導電層の開口部のエッジ部に斜め電界を生成し、それによって垂直配向性液晶層の液晶分子を放射状傾斜配向させるので、安定に再現性よく放射状傾斜配向を形成することができる。従って、本発明によると表示品位の高い液晶表示装置が提供される。

【0414】特に、上層導電層が複数の開口部を有する構成を採用すると、絵素領域全体に亘って安定な放射状傾斜配向が得られるとともに、応答速度の低下が抑制された液晶表示装置が提供される。

【0415】さらに、2層構造電極（第1配向規制構造）を有する基板と液晶層を介して対向する基板に第2配向規制構造を設けた構成を採用すると、放射状傾斜配向をさらに安定化させた液晶表示装置が提供される。配向を安定化する効果は、2層構造電極の上層導電層の開口部内に凸部を有する構成を採用することによっても得られる。

【0416】また、上層導電層の開口部に対応する誘電体層に凹部または穴を有する構成において、上層導電層を反射電極とし、下層導電層を透明電極とする構成を採用すると、透過モードの表示特性と反射モードの表示特性がそれぞれ最適化された透過反射両用型液晶表示装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態の液晶表示装置100の1つの絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図2】（a）および（b）は、それぞれ本発明による実施形態の他の液晶表示装置100'および100''の1つの絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図3】（a）、（b）および（c）は、従来の液晶表示装置200の1つの絵素領域を模式的に示す断面図で

82

ある。

【図4】比較のための液晶表示装置300の1つの絵素領域を模式的に示す断面図である。

【図5】電気力線と液晶分子の配向の関係を模式的に示す図である。

【図6】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図7】（a）および（b）は液晶分子の渦巻き状放射状傾斜配向の例を示す模式図である。

【図8】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図9】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図10】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図11】本発明による実施形態の液晶表示装置400の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図12】（a）～（c）は、複数の正方形の開口部の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図13】（a）～（c）は、複数の円形の開口部の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図14】複数の円形の開口部の他の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図15】本発明による実施形態1の液晶表示装置400Aの1つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、（a）は上面図、（b）は（a）中の15B-15B'線に沿った断面図である。

【図16】（a）～（c）は、液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図17】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図18】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図19】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図20】本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図21】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図22】（a）は、図15（a）に示したパターン単位格子を模式的に示す図であり、（b）は、図20に

(43)

83

示したパターンの単位格子を模式的に示す図であり、  
(c) はピッチ  $p$  と中実部面積比率との関係を示すグラフである。

【図23】本発明による実施形態2の液晶表示装置400Bの1つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、  
(a) は上面図、(b) は(a)中の23B-23B'線に沿った断面図である。

【図24】(a)～(d)は、液晶分子30aの配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明するための模式図である。

【図25】液晶表示装置400Bの液晶層30に電圧を印加した状態を示す図であり、(a)は、配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を模式的に示し、(b)は、定常状態を模式的に示している。

【図26】(a)～(c)は、開口部と凸部との配置関係が異なる、実施形態2の液晶表示装置400C、400Dおよび400Eの模式的な断面図である。

【図27】液晶表示装置400Bの断面構造を模式的に示す図であり、図23(a)中の27A-27A'線に沿った断面図である。

【図28】本発明による実施形態2の液晶表示装置400Fの1つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、  
(a) は上面図、(b) は(a)中の28A-28A'線に沿った断面図である。

【図29】(a)～(e)は、第2配向規制構造28を有する対向基板200bを模式的に示す図である。

【図30】第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える液晶表示装置400Gを模式的に示す図であり、  
(a) は上面図であり、(b) は(a)中の30B-30B'線に沿った断面図である。

【図31】液晶表示装置400Gの1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図であり、(a)は電圧無印加状態を示し、(b)は配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を示し、(c)は定常状態を示している。

【図32】第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える他の液晶表示装置400Hを模式的に示す図であり、(a)は上面図であり、(b)は(a)中の32B-32B'線に沿った断面図である。

【図33】液晶表示装置400Hの1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図であり、(a)は電圧無印加状態を示し、(b)は配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を示し、(c)は定常状態を示している。

【図34】本発明による実施形態の液晶表示装置500の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図35】本発明による実施形態の液晶表示装置600の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図36】本発明による実施形態の液晶表示装置の絵素電極の近傍を拡大した模式的な断面図である。

【図37】本発明による実施形態の液晶表示装置700の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

84

【図38A】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置150の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図38B】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置550の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図38C】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置650の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

10 【図39】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置における開口部の付近の構造を示す模式図である。

【図40】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置における開口部の付近の構造を示す模式図である。

【図41】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態および偏光板の配置を示す図である(電圧無印加状態)。

【図42】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態および偏光板の配置を示す図である(電圧印加状態)。

20 【図43】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および $\lambda/4$ 板の配置を示す図である(電圧無印加状態)。

【図44】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および $\lambda/4$ 板の配置を示す図である(電圧印加状態)。

【図45】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および $\lambda/4$ 板の他の配置を示す図である(電圧無印加状態)。

30 【図46】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板、 $\lambda/4$ 板および $\lambda/2$ 板の配置を示す図である(電圧無印加状態)。

【図47】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板、 $\lambda/4$ 板および $\lambda/2$ 板の他の配置を示す図である(電圧無印加状態)。

【図48】本発明による実施例1の透過型液晶表示装置800の模式的な断面図である。

【図49】本発明による実施例1の透過型液晶表示装置800の模式的な平面図である。

40 【図50A】液晶表示装置800の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図50B】液晶表示装置800の他の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図51】液晶表示装置800の液晶層に電圧を印加したときの絵素領域の様子を模式的に示す図である。

【図52】本発明による実施例2の透過型液晶表示装置900の模式的な断面図である。

【図53】本発明による実施例2の透過型液晶表示装置900の模式的な平面図である。

50 【図54】本発明による実施例3の両用型液晶表示装置

(44)

85

1000の模式的な断面図である。

【図55】本発明による実施例3の両用型液晶表示装置1000の模式的な平面図である。

【図56】液晶表示装置1000の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図57】液晶表示装置1000の反射領域内の液晶層に電圧印加した時の表示動作を説明するための模式図である。

【図58】本発明による実施例4の両用型液晶表示装置1100の模式的な断面図である。

【図59】液晶表示装置1000における感光性樹脂層103の開口部103aおよび液晶表示装置1100における感光性樹脂層103の凹部103bのエッジ部の構造を模式的に示す図である。

【図60】本発明による実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104の一部を模式的に示す平面図である。

【図61】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の辺付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図62】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の角付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図63】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の切り欠き部付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図64】本発明による実施例6の液晶表示装置の上層導電層104の開口部の配置を模式的に示す図である。

【図65】本発明による実施例6の液晶表示装置の上層導電層104の開口部の他の配置を模式的に示す図である。

【図66】本発明による実施例7の液晶表示装置120

86

0の模式的な平面図である。

【図67】本発明による実施例7の液晶表示装置1200の模式的な断面図である。

【符号の説明】

11、21 透明絶縁性基板

12 下層導電層

13 誘電体層

14 14A、14B、14C、14D、14E、14F、14G、14H、14I 上層導電層

14a 開口部

15 絵素電極（2層構造電極）

22 対向電極

30 液晶層

30a 液晶分子

50a、50b 偏光板

60a、60b  $\lambda/4$ 板

70a、70b  $\lambda/2$ 板

100、100'、100'' 液晶表示装置

100a、400a、400b TFT基板

100b、200b 対向基板

14a 開口部

14b 中実部（導電膜）

14b' 単位中実部

22 対向電極

30 液晶層

30a 液晶分子

40、40A、40B、40C、40D 凸部

40s 凸部の側面

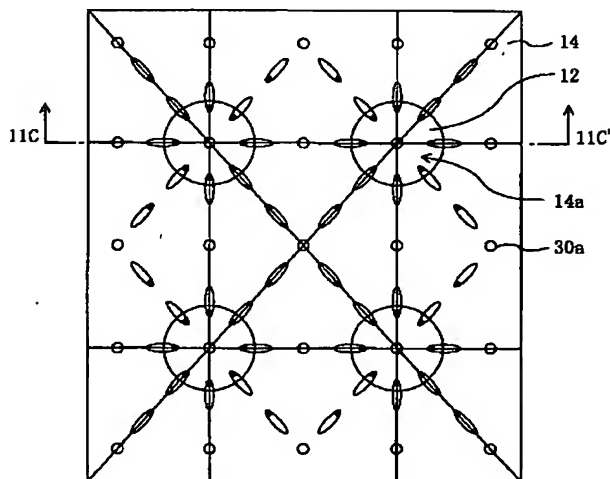
40t 凸部の頂面

100、100'、100'' 液晶表示装置

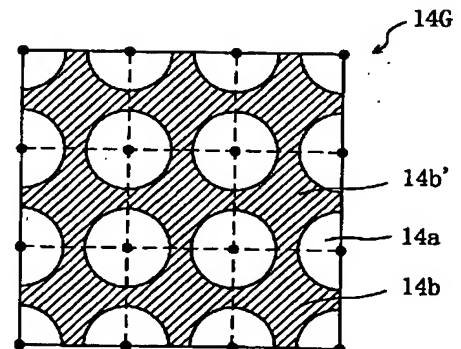
100a、400b TFT基板

100b 対向基板

【図14】

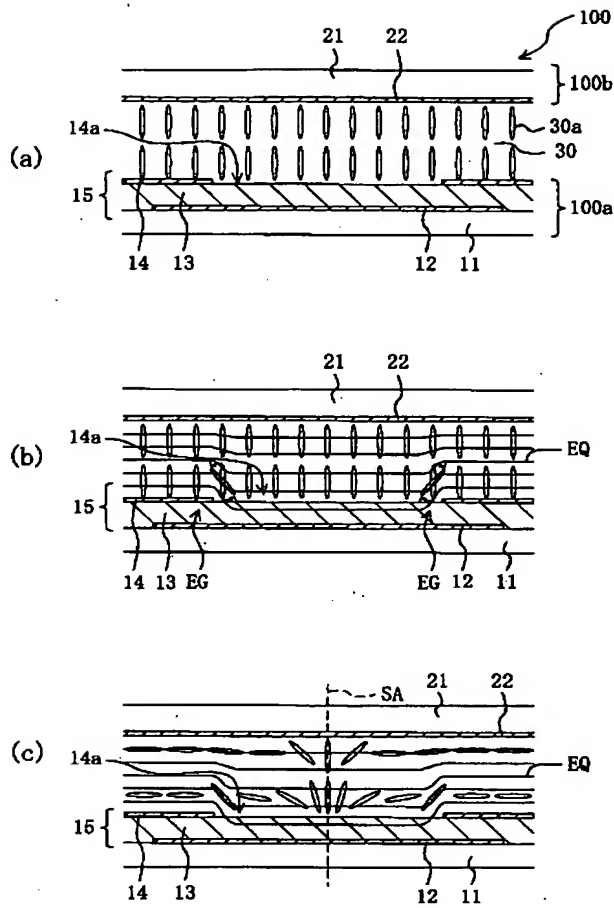


【図20】

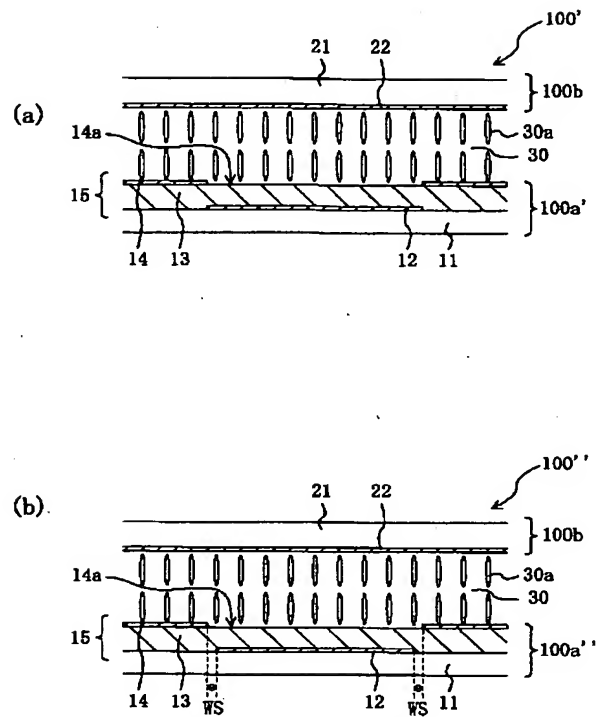


(45)

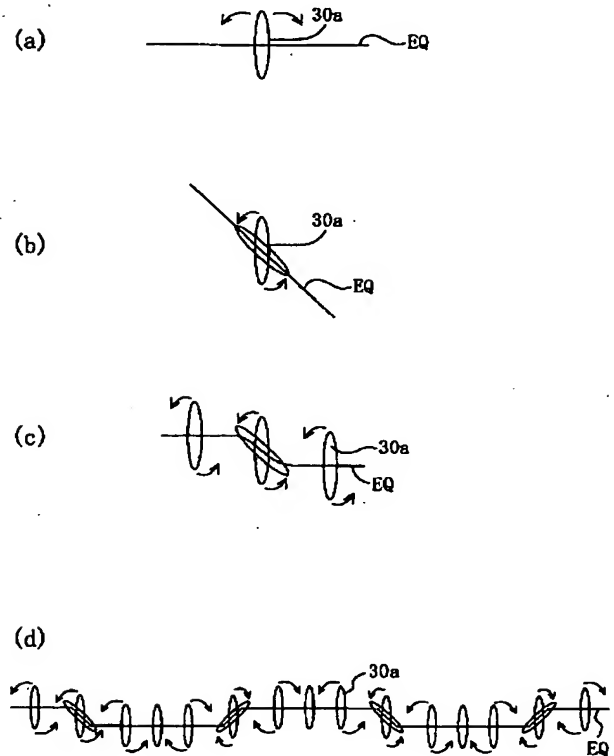
【図1】



【図2】

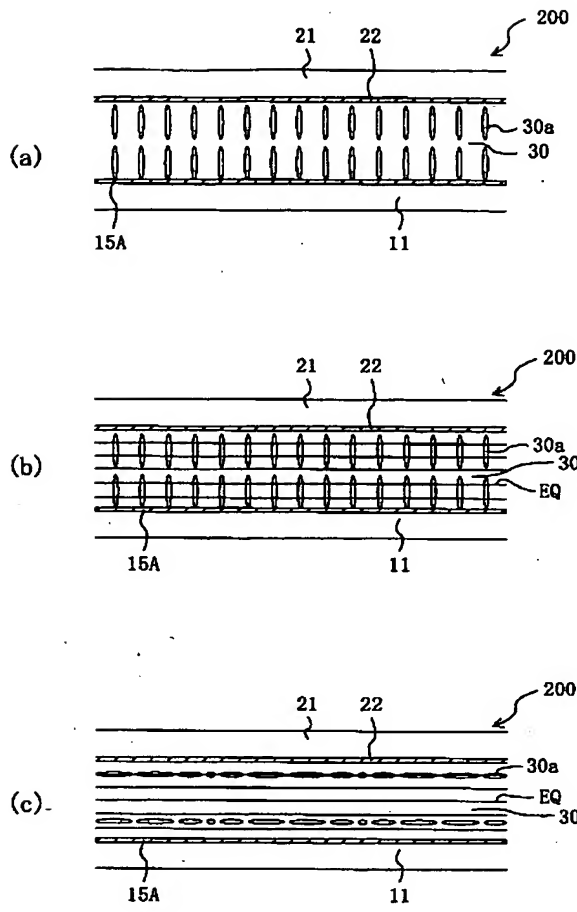


【図5】

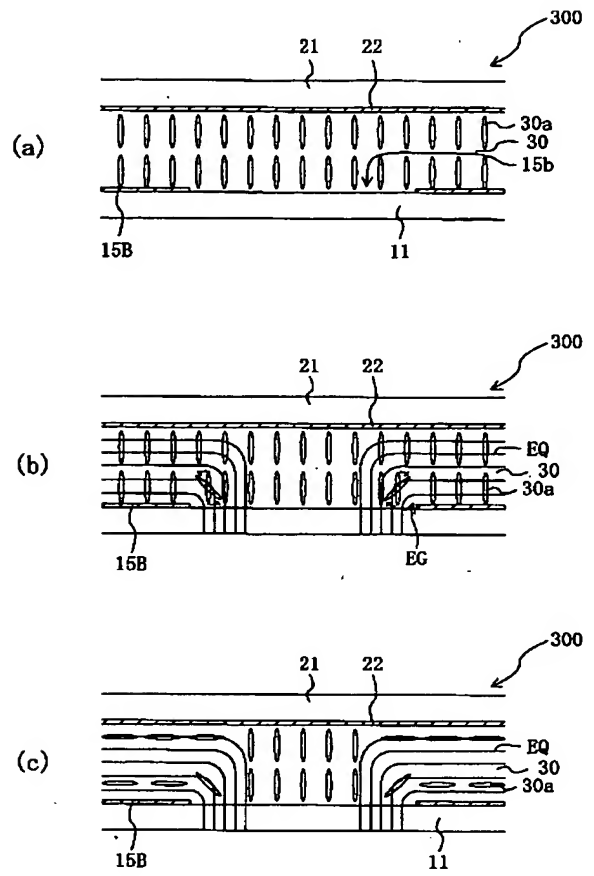


(46)

【図3】



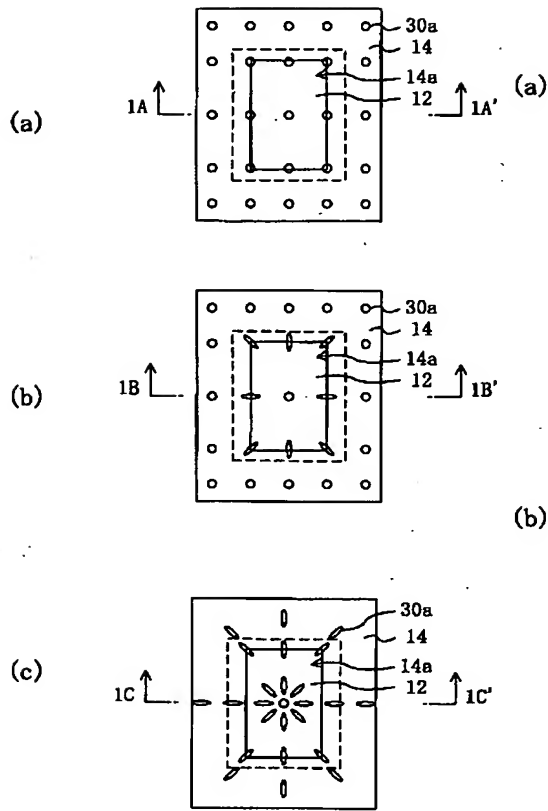
【図4】



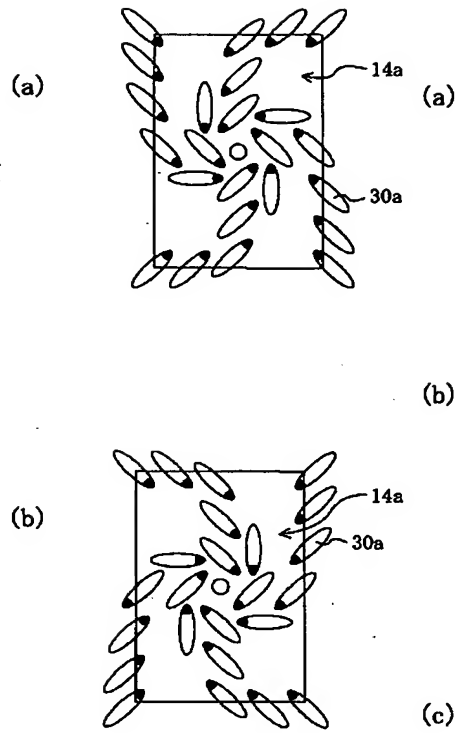


(47)

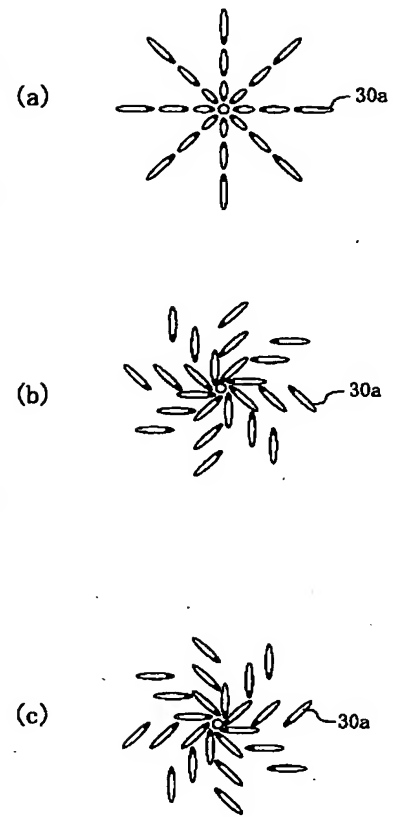
【図6】



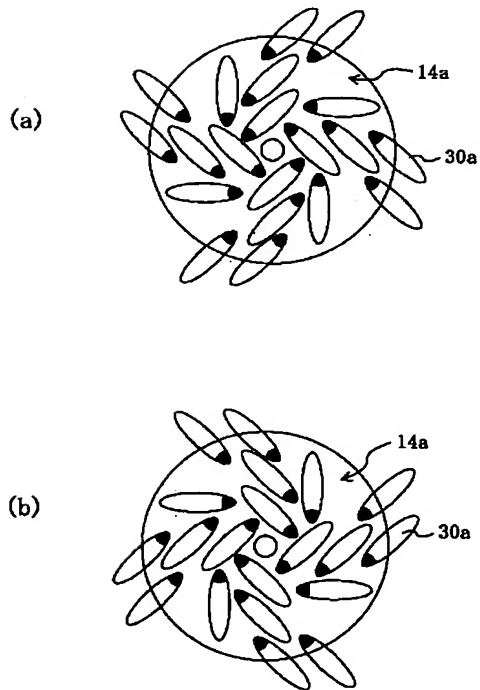
【図7】



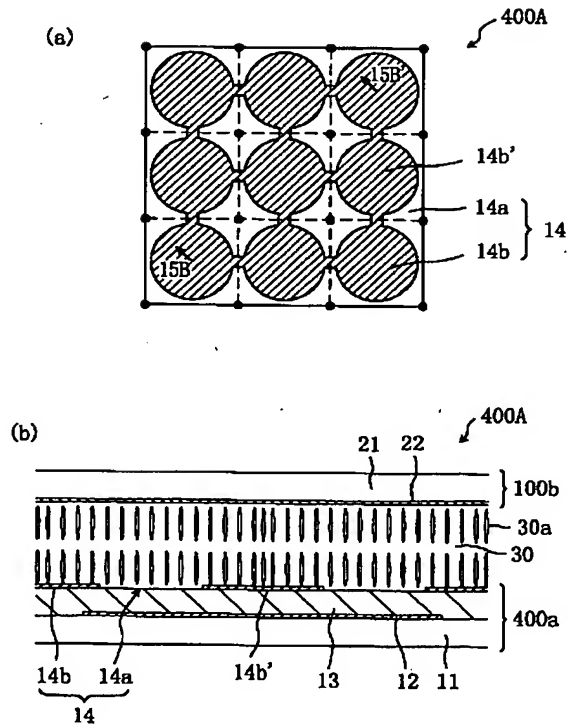
【図8】



【図10】

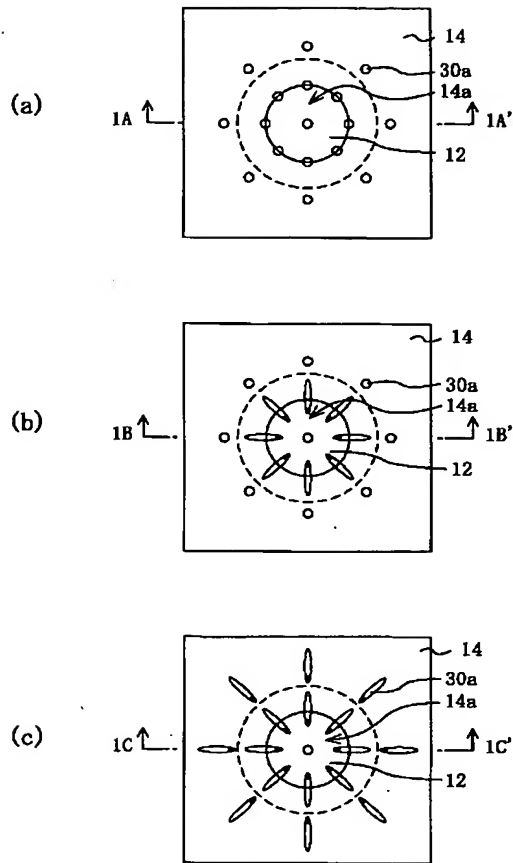


【図15】

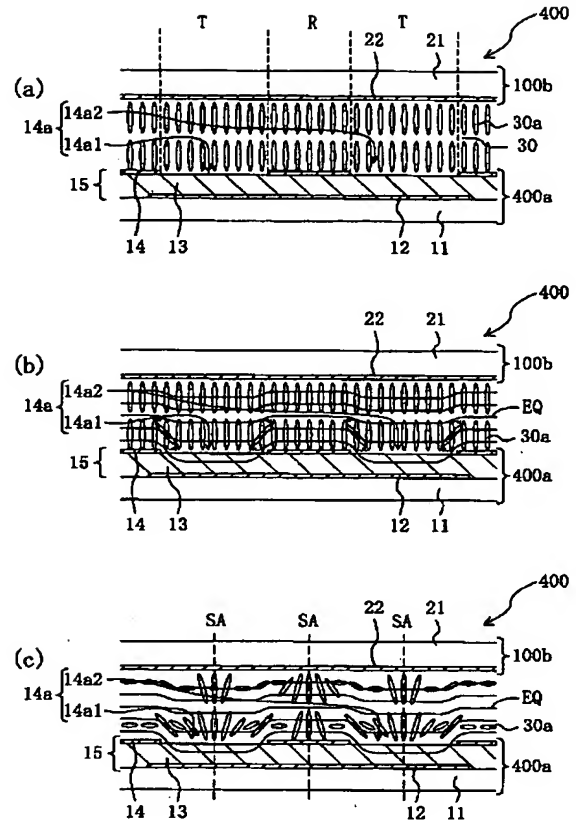


(48)

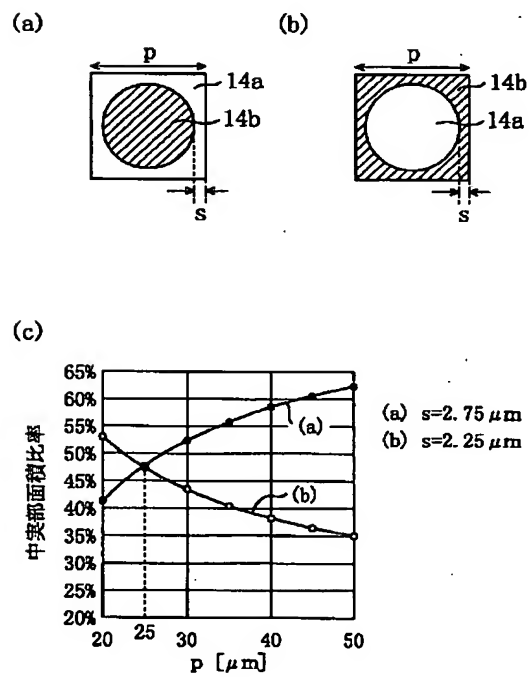
【図 9】



【図 1 1】

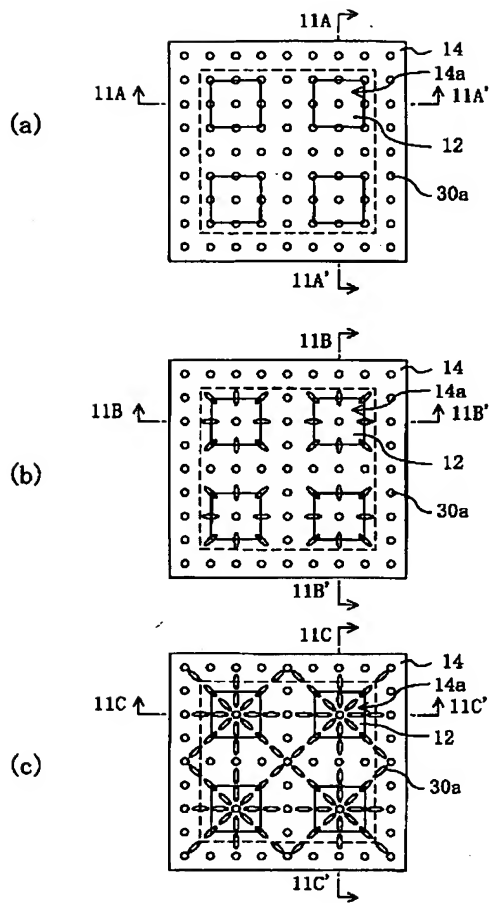


【図 2 2】

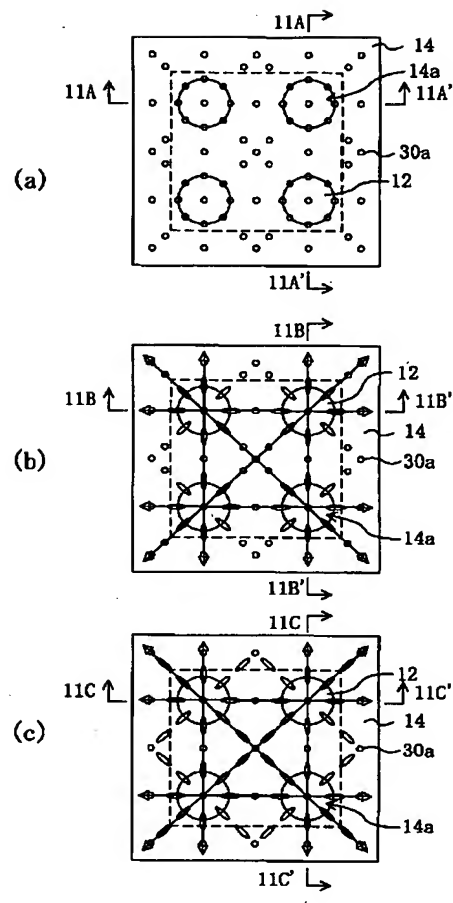


(49)

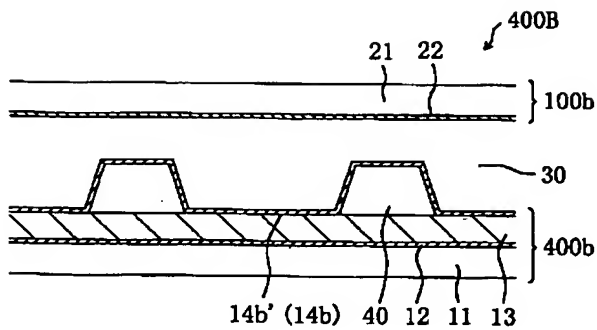
【図12】



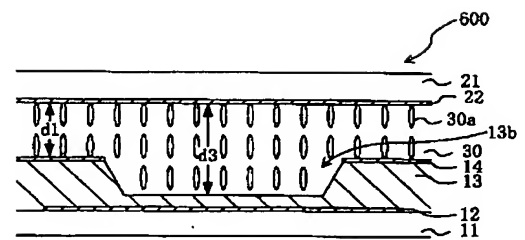
【図13】



【図27】

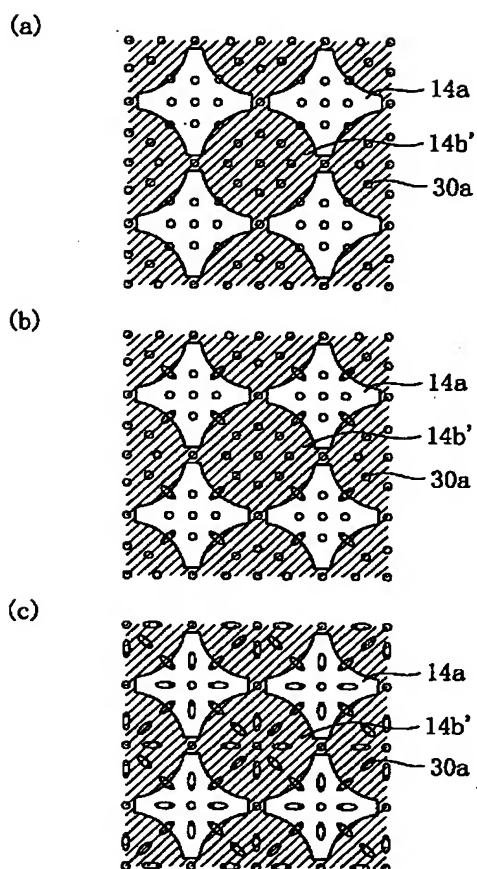


【図35】

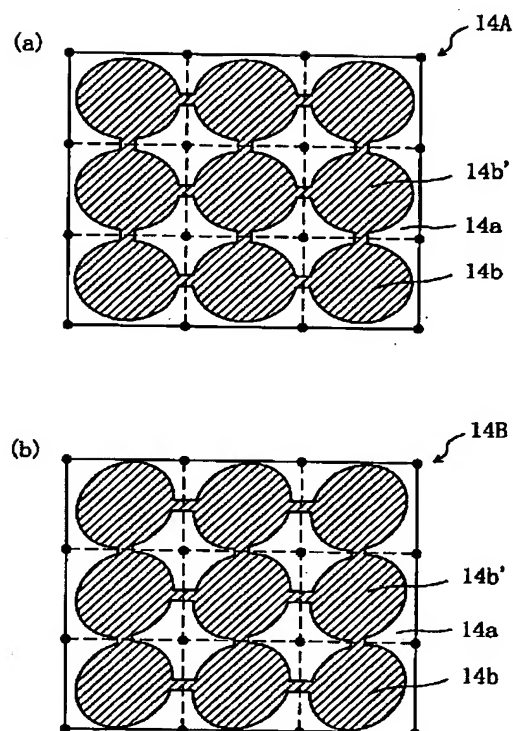


(50)

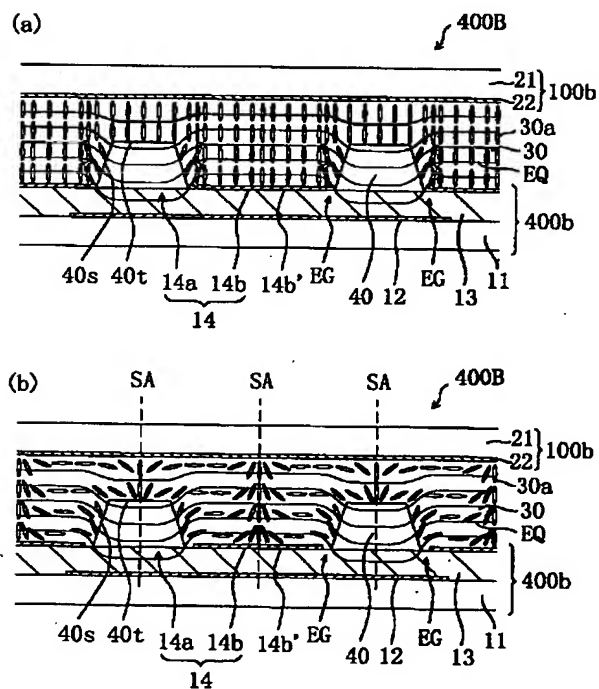
【図16】

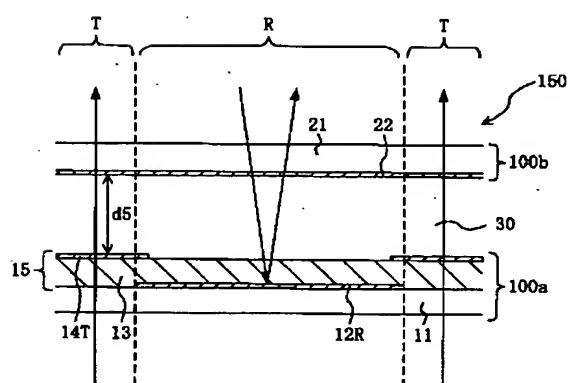


【図17】



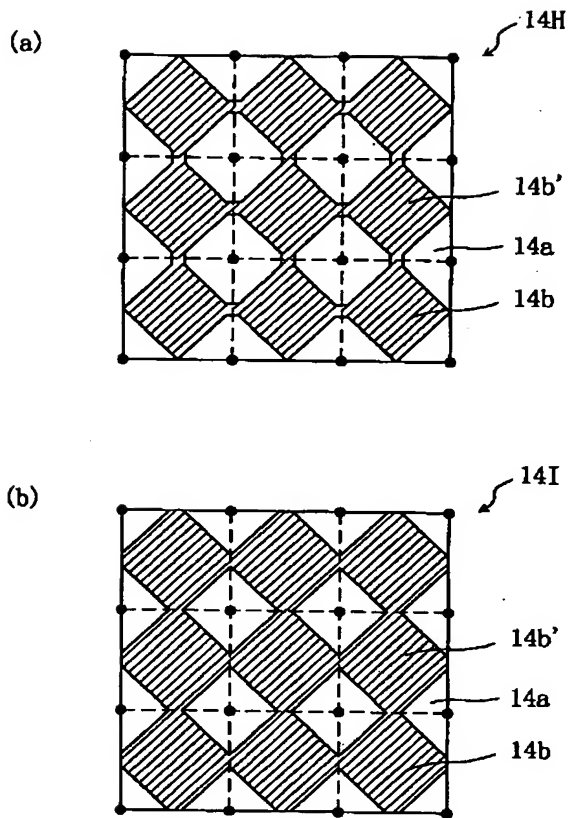
【図25】



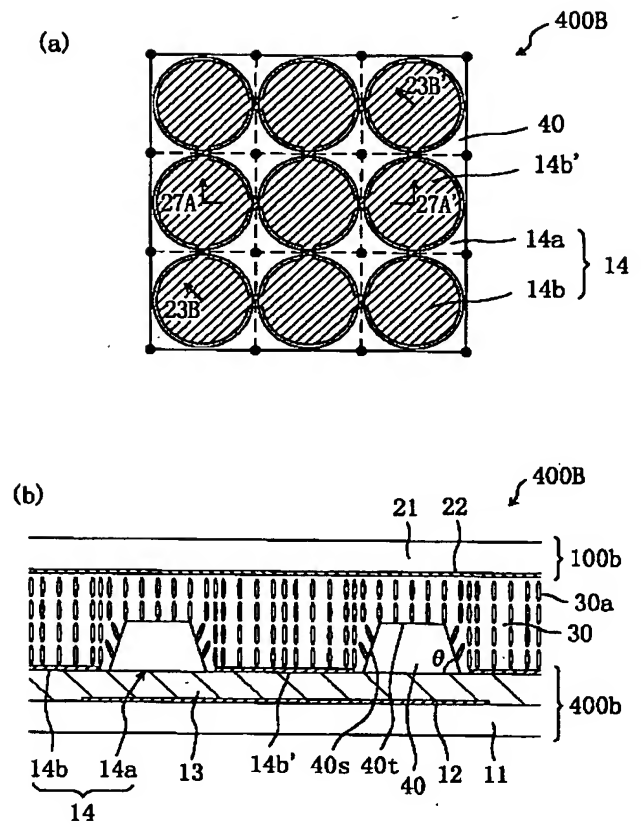


(52)

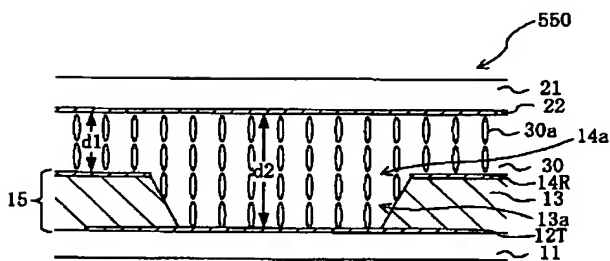
【図21】



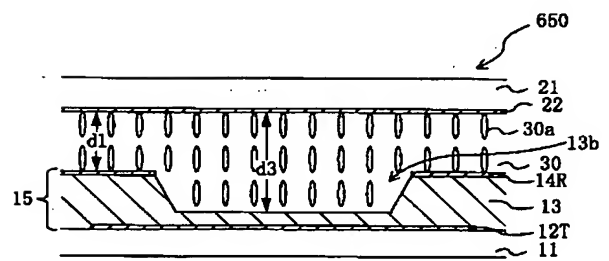
【図23】



【図38B】



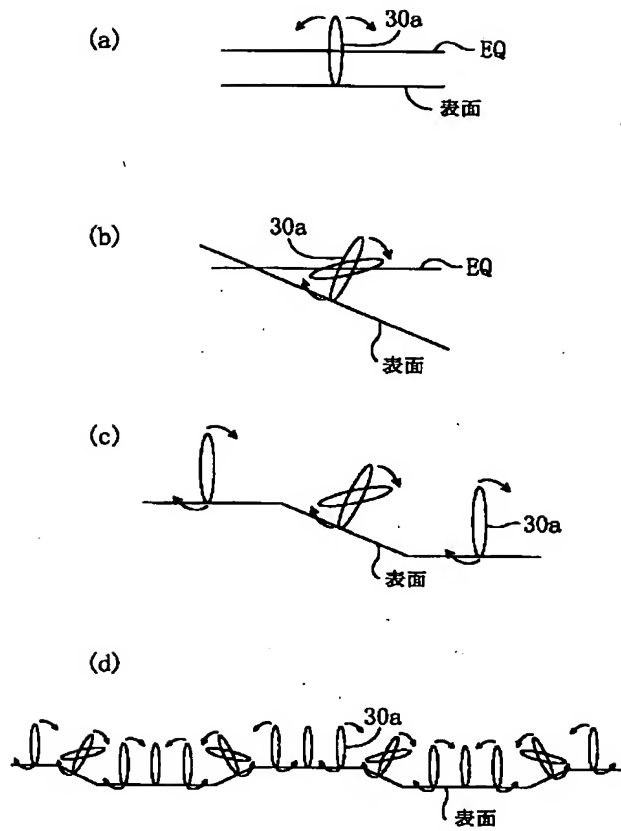
【図38C】



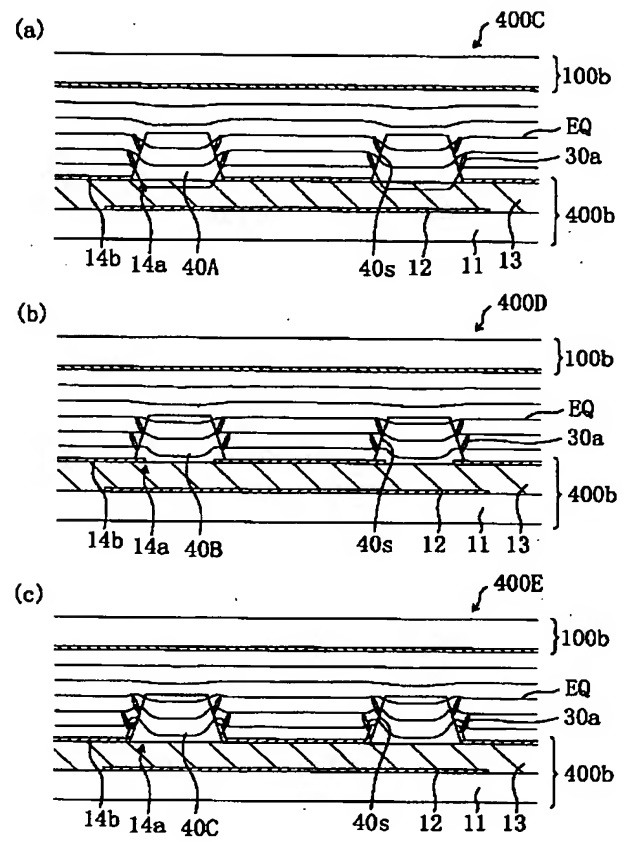


(53)

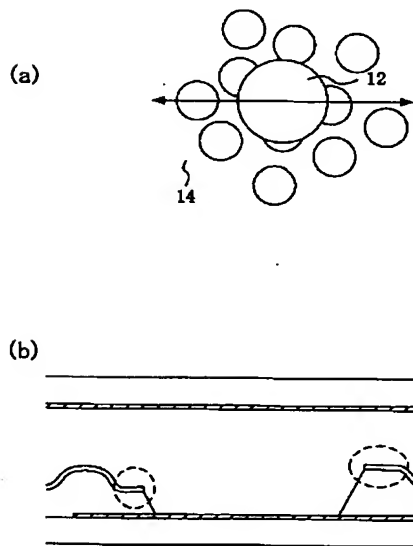
【図24】



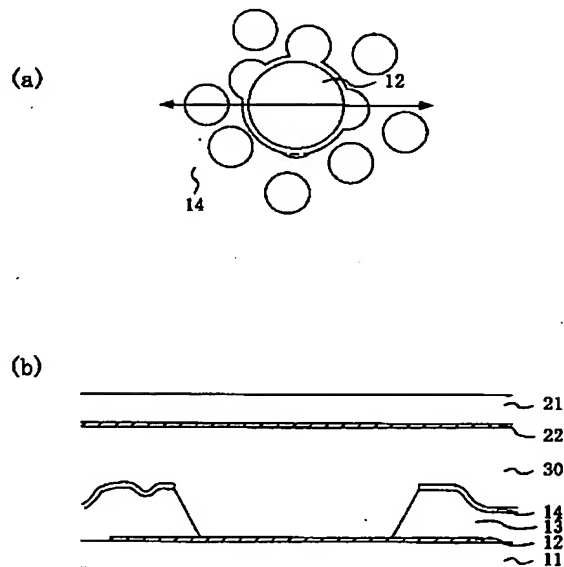
【図26】



【図39】

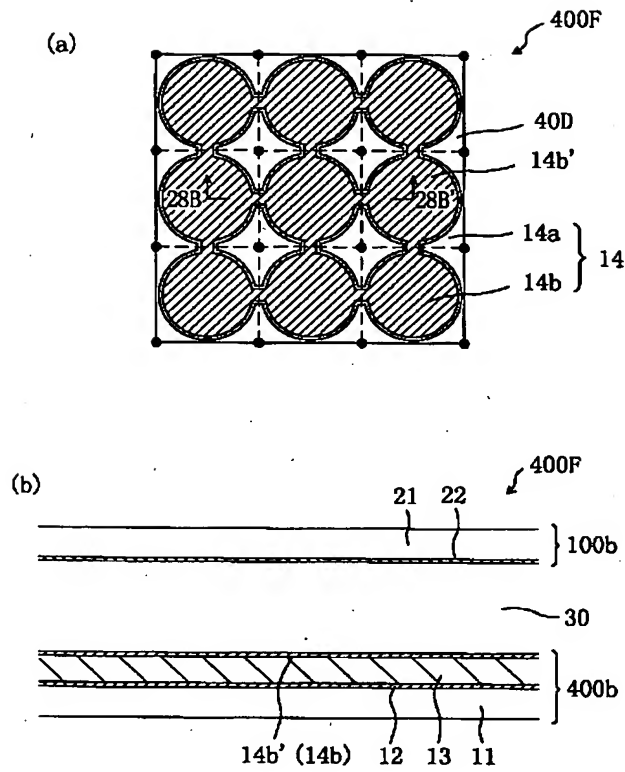


【図40】

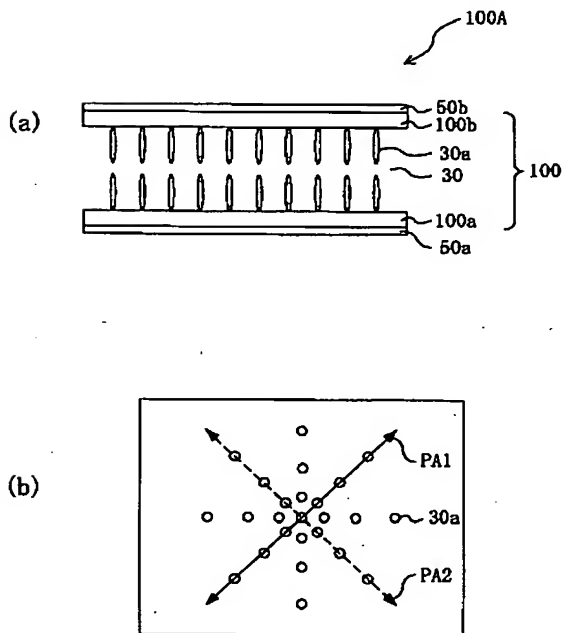


(54)

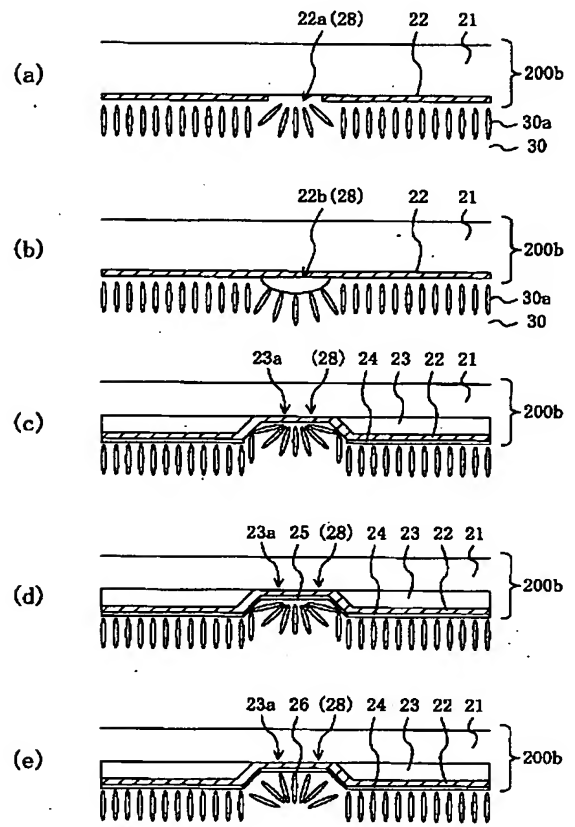
【図28】



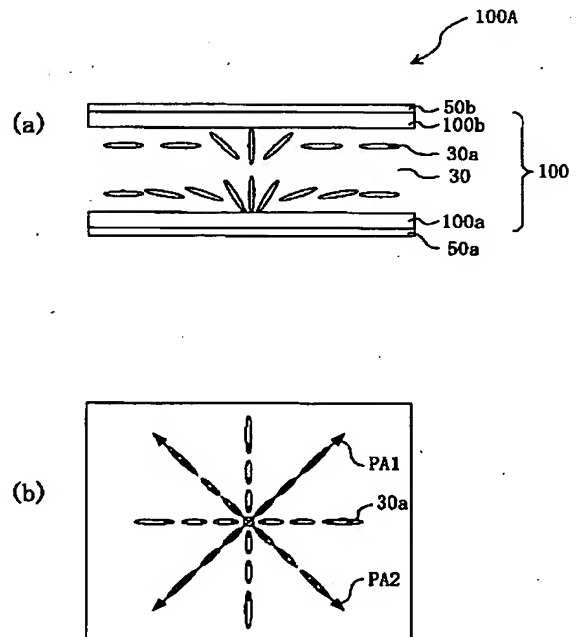
【図41】



【図29】

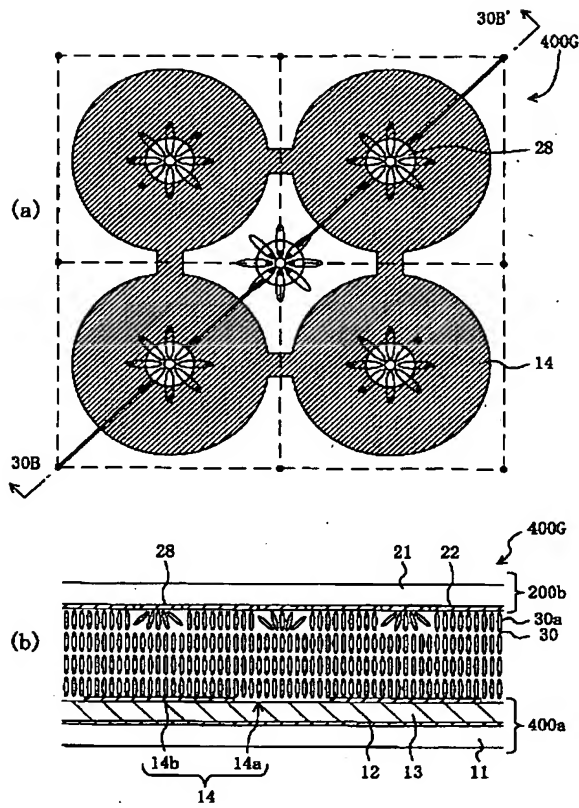


【図42】

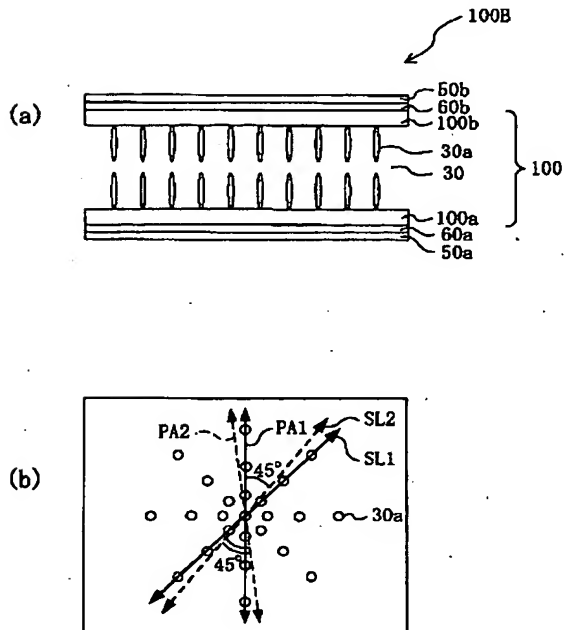


(55)

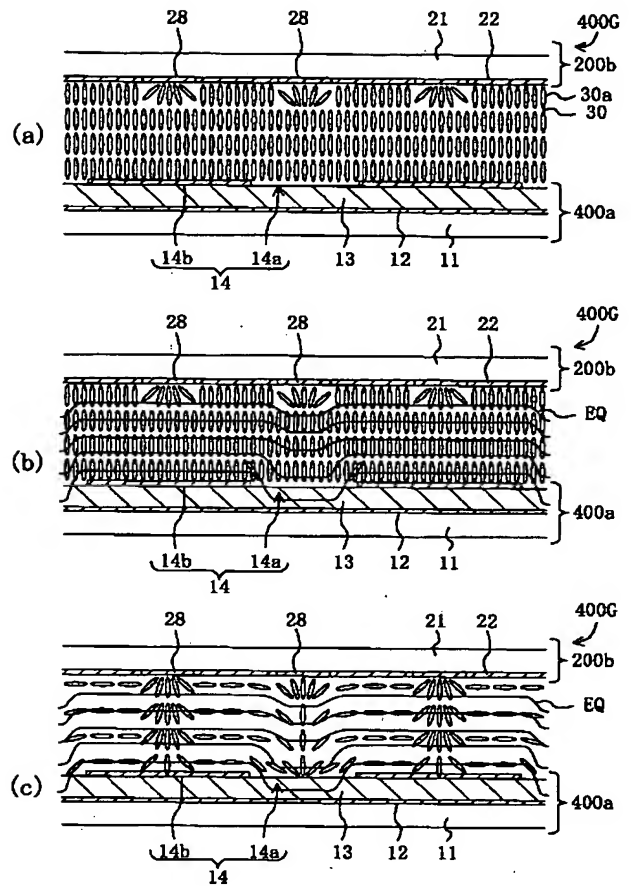
【図30】



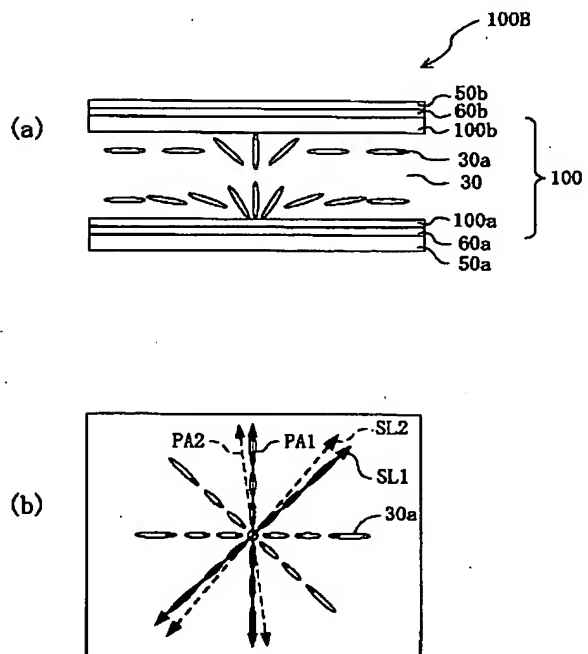
【図43】



【図31】

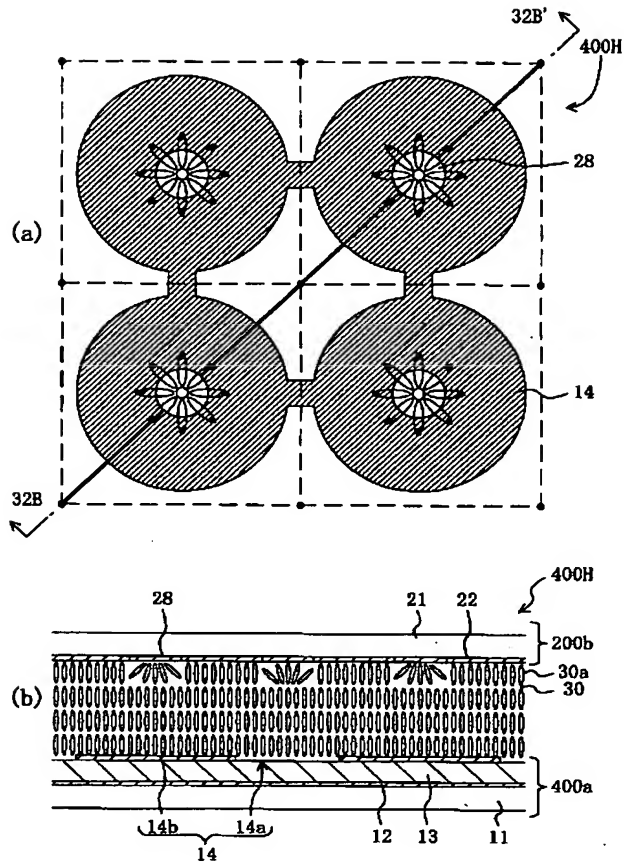


【図44】

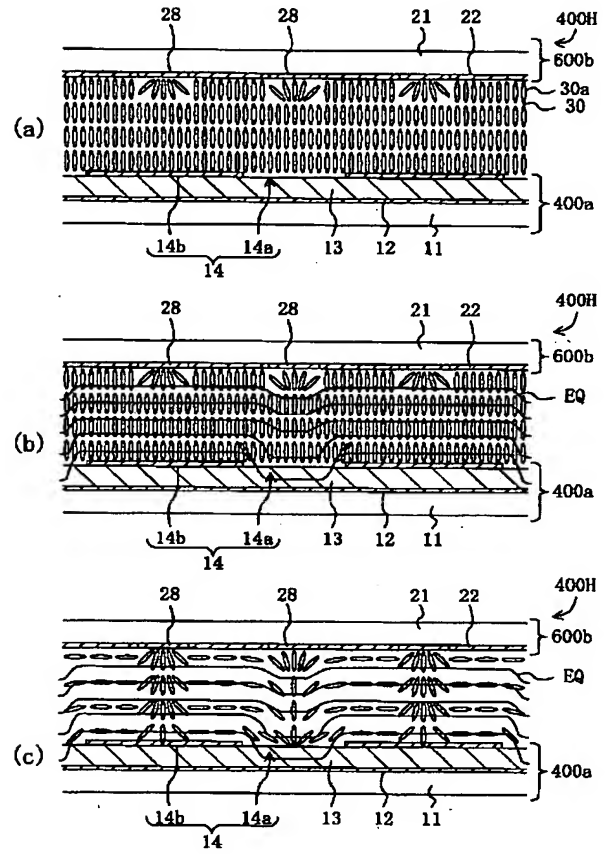


(56)

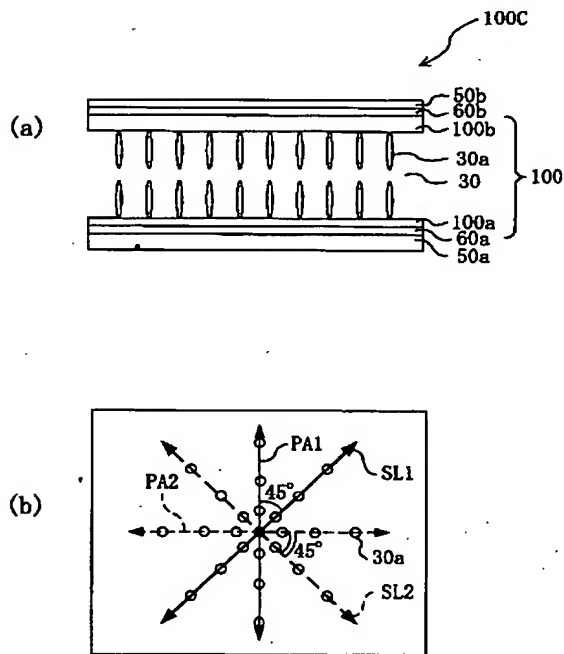
【図 3 2】



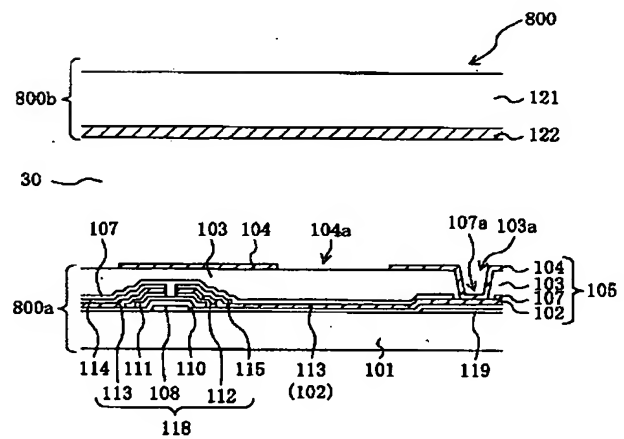
【図 3 3】



【図 4 5】

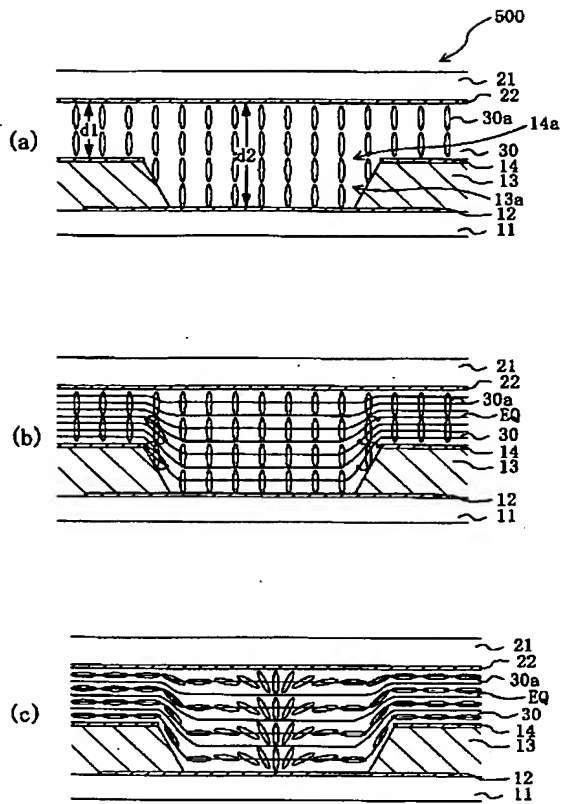


【図 4 8】

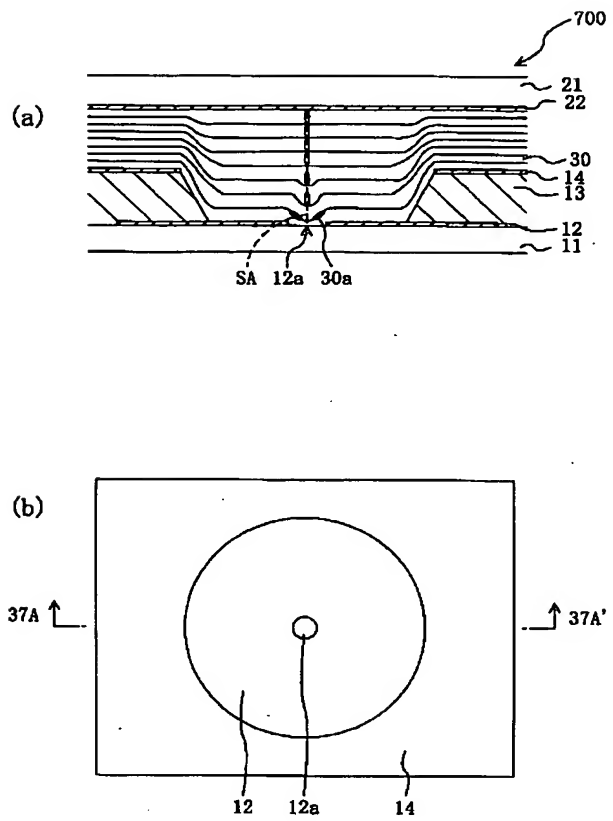


(57)

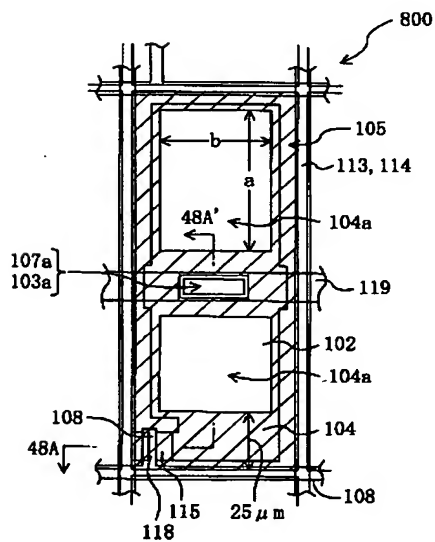
【図34】



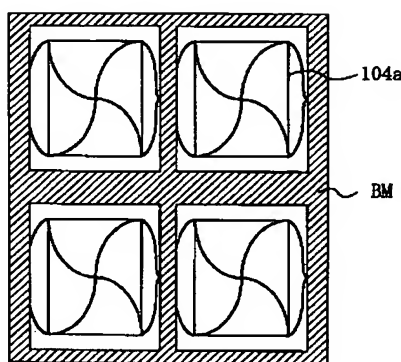
【図37】



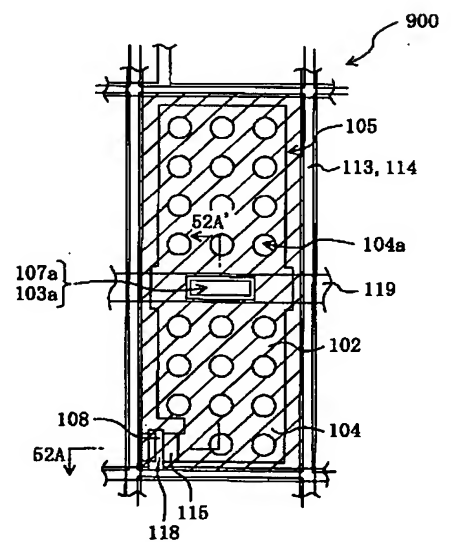
【図49】



【図51】

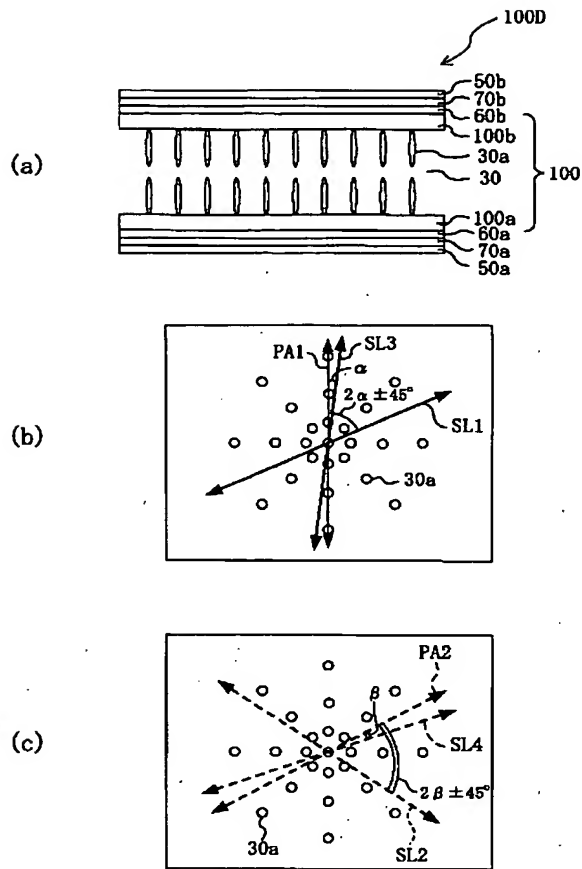


【図53】

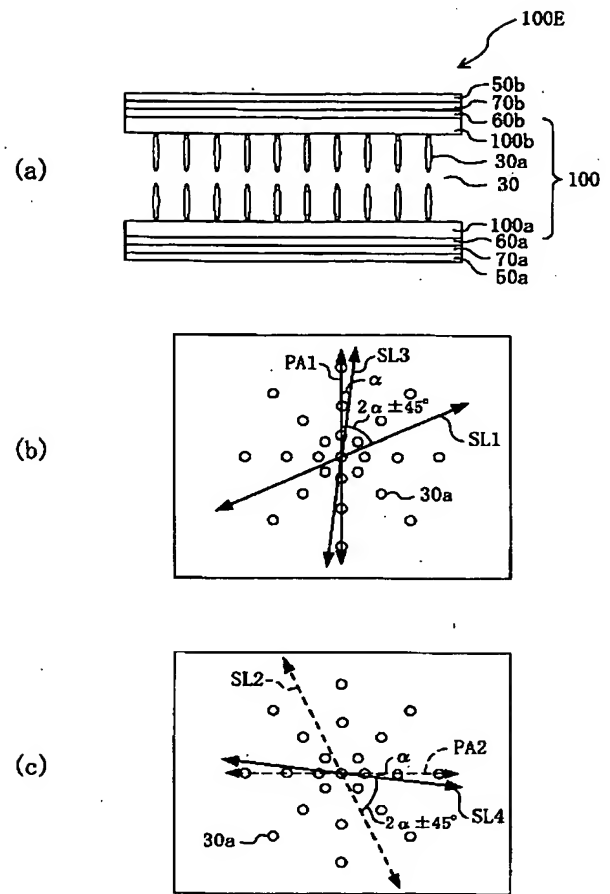


(58)

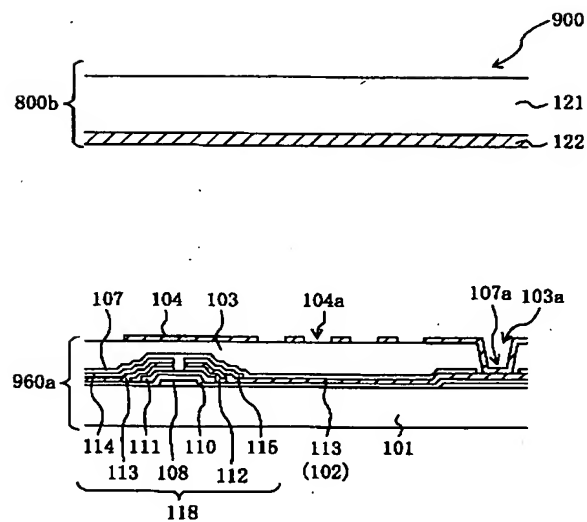
【図46】



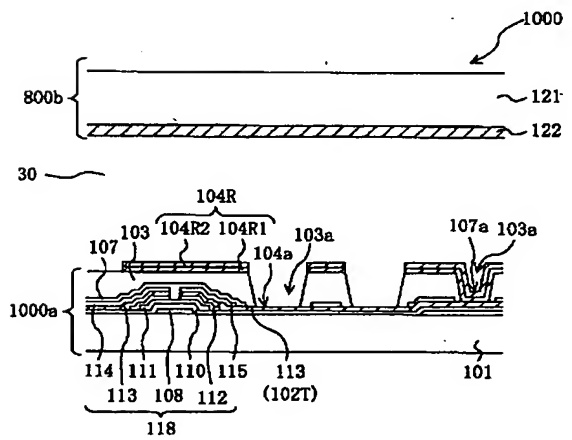
【図47】



【図52】



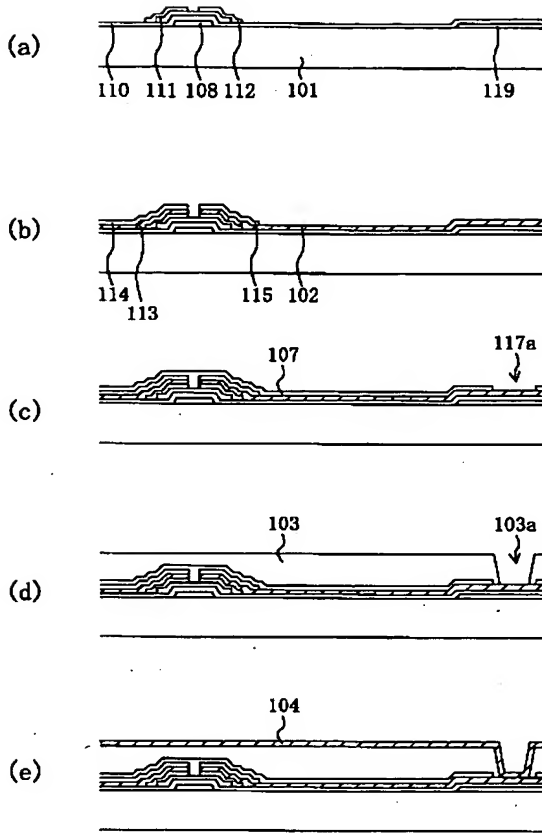
【図54】



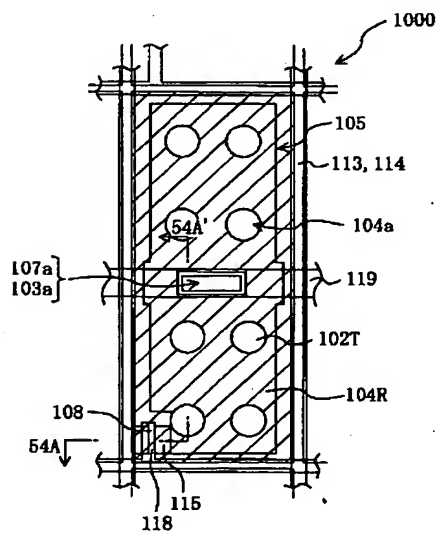


(59)

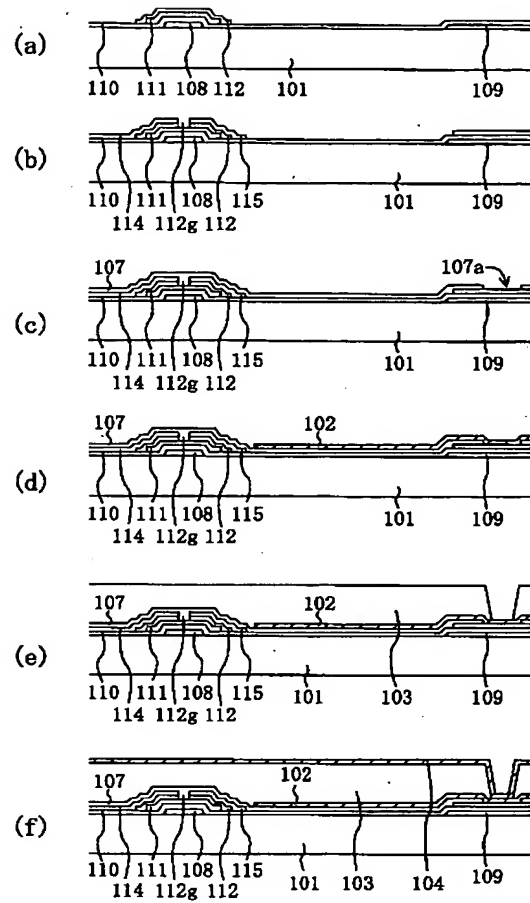
【図50A】



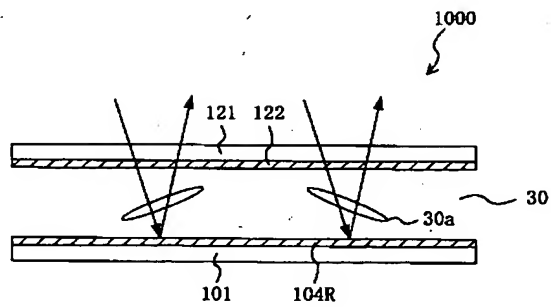
【図55】



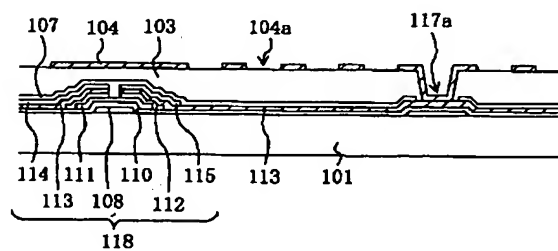
【図50B】



【図57】

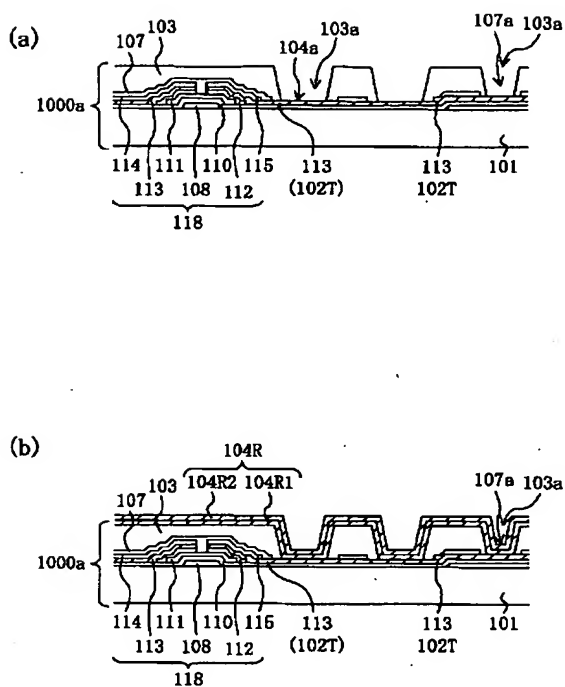


【図67】

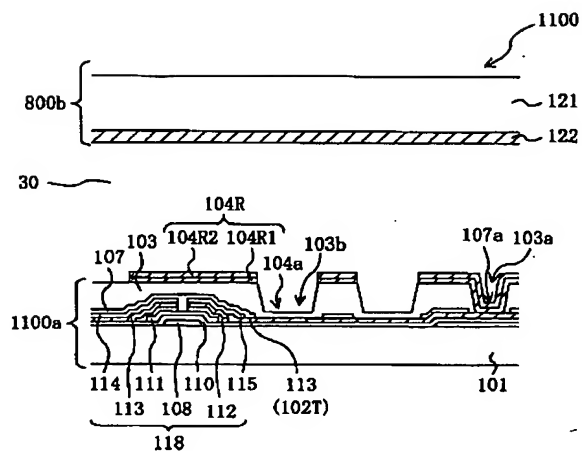


(60)

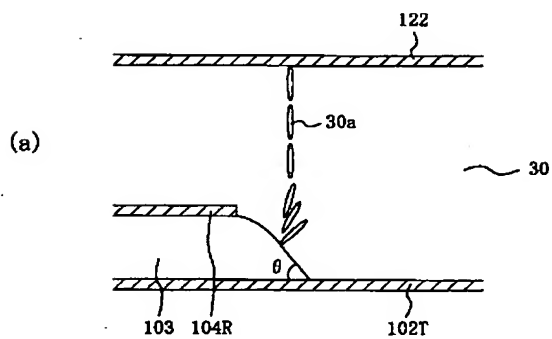
【図56】



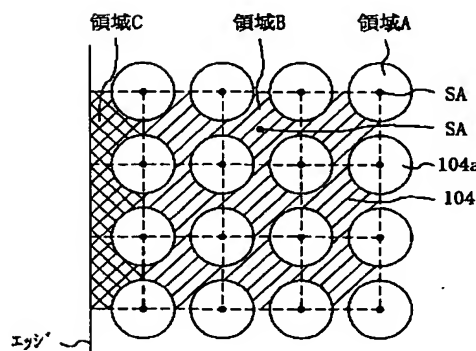
【図58】



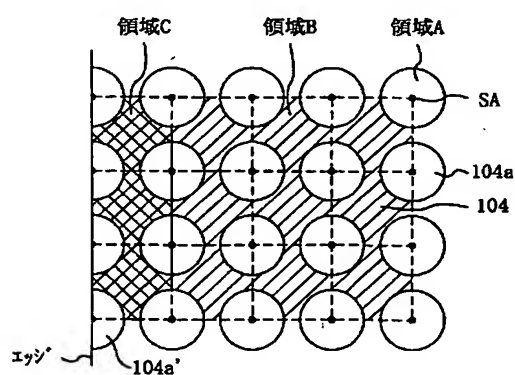
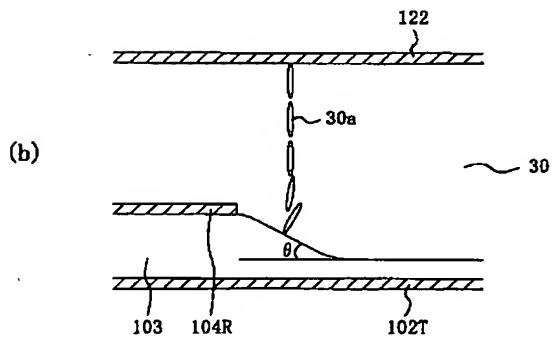
【図59】



【図60】

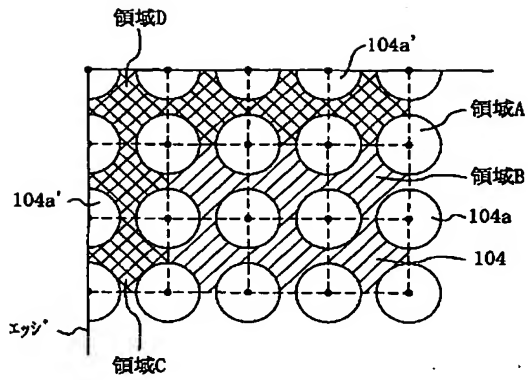


【図61】

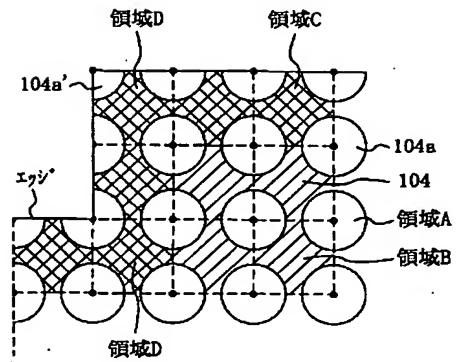


(61)

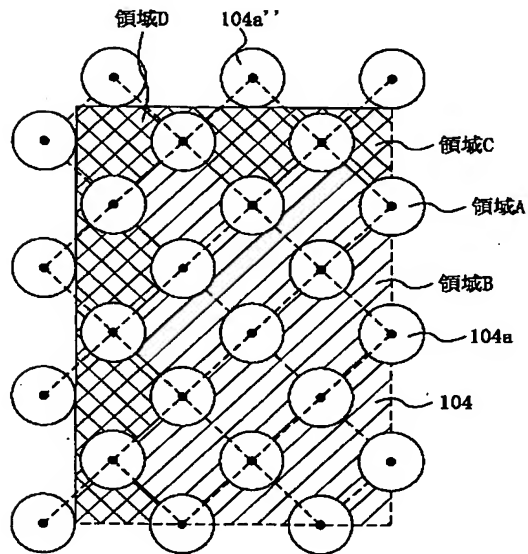
【図62】



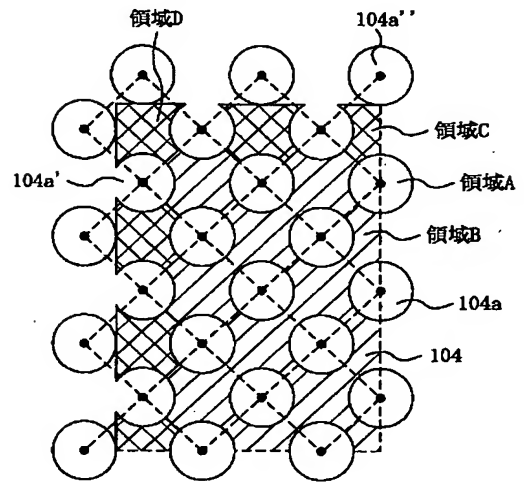
【図63】



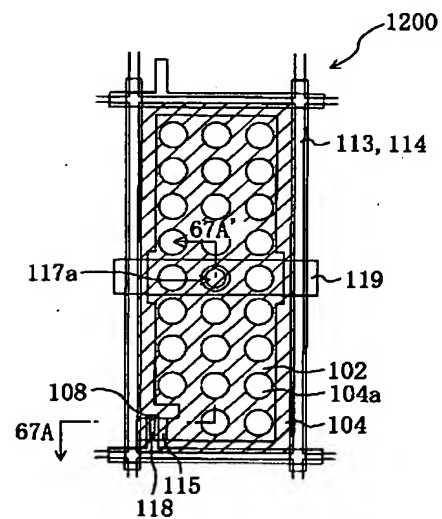
【図64】



【図65】



【図66】



(62)

フロントページの続き

(72) 発明者 藤岡 正悟  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72) 発明者 前川 和広  
千葉県松戸市常磐平5-17-32

(72) 発明者 越智 貴志  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
Fターム(参考) 2H090 JB02 KA07 LA01 LA08 LA09  
LA15 LA20 MA01 MA17